Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

Maturanec, Sanja

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:775083

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

DIPLOMSKI RAD

Sanja Maturanec

Zagreb, lipanj 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Ribarstvo i lovstvo

Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

DIPLOMSKI RAD

Sanja Maturanec

Mentor: izv.prof.dr.sc.Ana Gavrilović

Neposredni voditelj: Ivan Špelić, mag. ing. agr.,
mag. oecol. et prot. nat

Zagreb, lipanj, 2021.
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Sanja Maturanec**,JMBAG: 1909989335156 rođen/a 19.09.1989. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Sanje Maturanec**, JMBAG 1909989335156, naslova :

Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. izv.prof.dr.sc. Ana Gavrilović _____
2. prof.dr.sc. Marina Piria _____
3. izv. prof. dr. sc. Tea Tomljanović _____

Neposredni voditelj:

Ivan Špelić, mag. ing. agr., mag. oecol. et prot. nat. _____

Zahvala

Prvenstveno se zahvaljujem svojoj mentorci izv. prof. dr. sc. Ani Gavrilović i neposrednom voditelju mag. ing. agr. Ivanu Špeliću na vodstvu i pomoći pri pisanju diplomskog rada.
Zahvaljujem se svojim roditeljima i sestri Maji što su mi bili velika podrška kroz moje obrazovanje.
Veliko hvala Sari Kolar i Jeleni Galić na podršci i ohrabrivanju.

Sadržaj

Sažetak 1

Summary 2

1. Uvod 3

1.1. Cilj istraživanja 5

2. Materijali i Metode 6

2.1. Područje istraživanja 6
2.2. Prikupljanje uzoraka 10
2.3. Analiza podataka 11

3. Rezultati 15

3.1. Kakvoća vode istraživanih potoka i kanala 15
3.2. Sastav ihtiofaune na istraživanim vodotocima 17
3.3. Raznolikost zajednica na istraživanim lokacijama 21
3.4. Razina stresa unutar zajednica riba na istraživanim lokacijama 27

4. Rasprava 33

5. Zaključak 35

6. Literatura 36

7. Životopis 38

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Sanja Maturanec**, naslova

Karakterizacija staništa i usporedba strukture slatkovodne ihtiofaune savskog sliva

Hrvatska ima bogatu ihtiofaunu te mnogobrojne edemske vrste riba. To bogatstvo je ugroženo ponajprije negativnim utjecajem čovjeka na staništa i unosom stranih vrsta riba. Cilj ovog rada je bio istražiti sastav i raznolikost ihtiofaune u 10 potoka i kanala u donjem dijelu savskog slijeva Hrvatske, opisati stanje i usporediti zajednice riba tih pritoka rijeke Save. Istraživanje je provedeno u svibnju i lipnju 2019. godine na 14 lokacija u široj okolici Okučana i Nove Gradiške. Uzorkovanje ribe se obavljalo elektroribolovom i bilježili su se osnovni fizikalno-kemijski parametri vode za svaku lokaciju. Za analiziranje ihtiofaune korišten je Shannon-Wiener indeks, indeks sličnosti, cluster analiza i t-test za testiranje razlika između kanala i potoka te ABC indeks i krivulja dominacije za utvrđivanje stanja stresa. Zabilježeno je ukupno 20 vrsta riba. Negativan utjecaj čovjeka na zajednice riba je utvrđen na svim vodotocima te je uočen značajno veći udio stranih vrsta u broju jedinki i biomasi ribljih zajednica kanala u odnosu na potoke.

Ključne riječi: riblje zajednice, potoci, kanali, stres, strane vrste

Summary

Of the master's thesis - student **Sanja Maturanec,** entitled

Habitat characterization and comparison of freshwater ichthyofauna structure of the Sava River Basin

Croatia has a rich ichthyofauna and many endemic fish species, but they are negatively impacted by habitat destruction and introduction of alien fish species. Aim of this research was to explore fish assemblage diversity in 10 river Sava tributaries within lower part of Sava river basin, describe their condition and compare stream fish communities with those found in canals. Field sampling was done in May and June of 2019 on 14 locations in the vicinity of Okučani and Nova Gradiška towns. Fish were collected by electrofishing and basic physio-chemical parameters of water were measured. Analysis of fish assemblages was done by calculating Shannon-Wiener and similarity indices and performing cluster analysis. T-test was used to determine possible differences between fish assemblages within streams and canals. ABC indices and dominance curves were used to describe level of stress within different habitats. Overall, 20 fish species were found during sampling. Adverse impact on fish communities was determined in all investigated waterbodies. Results showed that alien species were significantly more abundant and had greater biomass in the fish assemblages of canals when compared to the streams.

Key words: fish assemblages, streams, canals, stress, alien species

1. Uvod

Zemljopisni položaj Hrvatske uključuje dva riječna bazena (slivove Jadranskog mora i Crnog mora) sa zanimljivom geološkom poviješću koja je rezultirala jednom od najraznolikijih slatkovodnih ihtiofauna u Europi. Tu spadaju domaće vrste, od kojih su neke endemske te strane vrste koje su naknadno unesene. Slatkovodna ihtiofauna u Hrvatskoj je podjeljena u dva razreda, 16 redova, 35 porodica i 75 rodova (Ćaleta i sur. 2019). Prethodne publikacije o slatkovodnim vrstama riba u Hrvatskoj bile su usmjerene na ugrožene (Mrakovčić i sur. 2006) ili endemske (Ćaleta i sur., 2015) vrste. Dostupni literaturni podaci o slatkovodnim ribama u Hrvatskoj su detaljno prikupljeni, analizirani te su rezultati objavljeni 2019. godine. Prema ovom popisu, slatkovodna ihitiofauna u Hrvatskoj broji 137 vrsta (Ćaleta i sur., 2019).

Najveći negativan utjecaj na riblje zajednice u Hrvatskoj ima: unos alohtonih vrsta, onečišćenje, regulacija vodotoka i degradacija staništa. Od ostalih čimbenika utječu: izgradnja brana i hidroakumulacija, melioracija, goleme potrebe za pitkom i tehničkom vodom te prelov. Strukturu zajednice u ekosustavu određuje protok vode, količina kisika, temperatura, prozirnost. Promjene tih čimbenika, izmjenit će populaciju riba, a utječe i na smanjenje brojnosti vrsta (Mrakovčić i sur., 2006). Čovjekov utjecaj uzrokuje nastanak modificiranih ekosustava, koji često sadrže osiromašene zajednice zavičajnih vrsta te obično pogoduju invazivnim vrstama koje u takvim staništima postaju dominantne (Clavero i sur., 2013). Antropogene izmjene korita tekućica (kanaliziranje, obaloutvrde, betoniranje, i dr.) dovode do smanjenja raznolikosti staništa unutar tekućice, što naposljetku rezultira smanjenjem raznolikosti i abundancije ribljih zajednica (Madejczyk i sur., 1998). Utjecaj izmjena i fragmentacije korita su posebno izraženi u staništima poput tekućica u kojima su dvije točke povezane putem samo jednog vodenog koridora. U tekućicama sastav ribljih vrsta ovisi o mnogo okolišnih parametara, koji se razlikuju duž toka te se shodno tome sastav ribljih zajednica longitudinalno mijenja. Kod izmjene staništa na nekom dijelu tekućice, pojedine osjetljive vrste nestaju (specijalisti) i mijenjaju ih druge vrste. Ukoliko je tekućica fragmentirana, takva promjena u sastavu ribljih vrsta će biti usporena ili spriječena što dovodi do smanjenja bogatstva vrsta na tim fragmentiranim područjima (Edge i sur., 2017). Osim alteracija korita, onečišćenje vode rastući je problem u slatkovodnim ekosustavima, a industralizacijom i urbanizacijom nastaju sve veće količine otpadnih voda. Voda se onečišćuje: otopljenim solima, nutrijentima, organskim tvarima, pesticidima, teškim metalima i različitim drugim otrovnim tvarima, što izravno i neizravno utječe na ribe. Izravni utjecaji onečišćenja očituju se: kao akutna i kronična trovanja riba. Neizravni utjecaji dovode do promjena fizikalno-kemijskih svojstava vode (npr. temperatura, količina otopljenog kisika i smanjenja stupnja kiselosti), što se potom reflektira na ihtiofaunu. Dugoročno onečišćenje vode dovodi do akumulacije štetnih tvari u hranidbenom lancu, što ima za posljedicu utjecaj na krajnjeg korisnika, a to je čovjek (Mrakovčić i sur., 2006).

Unošenje ribe, posebno u područja visoke biološke raznolikosti, uz prisutne i endemske vrste, predstavlja dodatnu veliku prijetnju biološkoj raznolikosti. Na Balkanski poluotok do danas je uneseno 60 vrsta riba, od kojih je 36 naturalizirano u kopnenim vodama.
Budući da je Balkan jedno od 35 svjetskih žarišta biološke raznolikosti, ova velika prisutnost stranih vrsta riba predstavlja ozbiljnu prijetnju stabilnosti slatkovodnih ekosustava i opstanku izvorne ihtiofaune i postojeće biološke raznolikosti (Popović i sur., 2016). Preporuka je pojačati mjere kontrole kako bi se spriječilo premještanje i provesti pojačane mjere očuvanja autohtonih riba u njihovom izvornom staništu, posebno u jadranskoj regiji. Ljudske aktivnosti, globalizacija i odnedavno klimatske promjene, ozbiljno su povećali potencijal kretanja invazivnih stranih vrsta (IAS) do te mjere da se biološke invazije smatraju glavnom prijetnjom biološkoj raznolikosti (Sherwin i Fornells, 2019). Uz kretanje mnogih životinjskih i biljnih vrsta, prakticiran je i prijenos vrsta riba izvan njihovog prirodnog dometa. Nadalje, upravljanje stranim vrstama i premještene vrste riba mogu biti jedan od najvećih izazova s kojima će se biolozi suočiti u sljedećim desetljećima (Pofuk i sur., 2017).

U donjem dijelu savskog slijeva Hrvatske su prisutni svi ranije navedeni pritisci zbog blizine naselja, prometnica i intenzivne poljoprivrede. Uz navedeno česti su i unosi stranih vrsta od strane ribiča (Simonović i sur., 2017). Do sada nisu provedena detaljna istraživanja sastava ribljih zajednica staništa pod različitim stupnjem antropogenog utjecaja na ovom području.

1.1. Cilj istraživanja

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. Odrediti sastav i raznolikost ihtiofaune u 10 umjetnih i prirodnih malih tekućica u donjem dijelu savskog slijeva Hrvatske
2. utvrditi stanje ribljih zajednica te ih usporediti kako bi se utvrdile moguće razlike između ribljih zajednica potoka i kanala.

2. Materijali i Metode

2.1. Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno u svibnju i lipnju 2019. godine na 14 lokacija s četiri potoka i šest kanala u široj okolici Okučana i Nove Gradiške (Tablica 2.1.1.; Slika 2.1.1.).

Tablica 2.1.1. Tablica prikazuje vodotok, datum uzrokovanja, prosječnu dubinu vodotoka i koordinate lokacije istraživanja

Vodotok	Kod	Datum uzorkovanja	Prosječna dubina vodotoka	Koordinate (HTRS96)	
Potoci				X	Y
Rešetarica					
Prvih 100 metara	REŠ1	26.05.2020.	1 m	573580	5003542
Drugih 100 metara	REŠ2	26.05.2020	1,5 m	573921	5002752
Šumetlica					
Prvih 100 metara	ŠUM1	27.05.2020.	50 cm	566844	5011137
Drugih 100 metara	ŠUM2	27.05.2020.	50 cm	565511	5008335
Borovački potok					
Prvih 100 metara	BOR1	29.05.2020.	10 cm	549401	5015874
Drugih 100 metara	BOR2	29.05.2020.	50 cm	549097	5015502
Sloboština					
Prvih 100 metara	SLO1	29.05.2020.	40 cm	555108	5015227
Drugih 100 metara	SLO2	29.05.2020.	20 cm	554774	5013883
Kanali					
Trnava	TRN	27.5.2020	1m	563744	5005084
Lufinja	LUF	27.5.2020.	30 cm	569385	5002502
Starča	STA	28.5.2020.	30 cm	562080	5005996
Mali strug	MST	28.5.2020.	1 m	550343	5007023
Jelas	JEL	28.5.2020.	1 m	550449	5007039
Vrbovljani	VRB	29.05.2020	15 cm	551626	5012792

Slika 2.1.1. Smještaj lokacija istraživanja

Slika 2.1.2.potok Rešetarica1

Slika 2.1.3. potok Rešetarica2

Slika 2.1.4. potok Šumetlica 1

Slika 2.1.5. potok Šumetlica 2

Slika 2.1.6. potok Borovački 1

Slika 2.1.7. potok Borovački 2

Slika 2.1.8. potok Sloboština 1

Slika 2.1.9.potok Sloboština 2

Slika 2.1. 10. kanal Trnava

Slika 2.1.11. kanal Lufinja

Slika 2.1.12. kanal Starča

Slika 2.1.13. kanal Mali Strug

Slika 2.1.14 kanal Jelas

Slika 2.1.15. kanal Vrbovljani

2.2. Prikupljanje uzoraka

Uzorkovanje ribe se obavljalo elektroribolovom pri čemu je korišten uređaj Hans Grassl snage 2,2 kW. Uzorkovanje je obavljano na dva transekta duljine 100 metara, udaljena minimalno 500 metara na prirodnim vodotocima i na jednom transektu od 300 metara u kanalima. Bilježili su se fizikalno-kemijski parametri vode: elektrovodljivost, pH vode, temperatura vode, količina i postotak otopljenog kisika. Parametri su mjereni prijenosnim multiparametarskim uređajem (SI Analytics HandyLab 680). Sve ribe u uzorku su determinirane do vrste, jedinke izbrojane, te im je izmjerena standardna dužina na točnost od 1 cm i masa na točnost 1 g. Svi podaci su uneseni u program MS Excel.

Elektroribolov je tehnika ribolova koja koristi istosmjernu struju koja teče između potopljene katode i anode. To utječe da ribe plivaju prema anodi, gdje ih se može uloviti ili omamiti. To je uobičajena znanstvene metoda istraživanja koja se koristi za uzrokovanje ribljih populacija radi utvrđivanja brojnosti, gustoće i sastava vrsta. Obično se primjenjuje istosmjerna struja koja uzrokuje galvanotaksiju u ribama. Za izvođenje ove znanstvene metode potrebno je najmanje dvoje ljudi, jedan za upravljanje anodom a drugi za hvatanje ošamućene ribe mrežom. Ako se pravilno izvede, elektroribolov ne dovodi do trajnih ozljeda ribe. Ribe se vraćaju u stanje prirodne pokretljivosti već dvije minute nakon što su ulovljene. U ovom istraživanju se upotrebljavao ručni elektroribolov hodanjem po uzorkovanom vodenom tijelu. Ručni elektroribolov je tip elektroribolova u kojem se u ruksaku na leđima nalaze generatori koji rade na baterije ili benzinski motor. Oni koriste transformator za pulsiranje struje prije nego je isporuče u vodu. Anoda se nalazi na kraju dugog štapa i obično je u obliku prstena, dok je katoda dugački trometarski pleteni čelični kabel koji se vuče iza rukovatelja. Elektroribolovom se upravlja pomoću sigurnosne sklopke na anodnom stupu. U novije modele ruksaka ugrađene su brojne sigurnosne značajke kao što su: zvučnici koji se oglašavaju tijekom rada jedinice, prekidači za nagib koji onemogućavaju elektroribolov ako je nagib veći od 45 stupnjeva i brzo otpuštajući remeni koji omogućavaju brzo prekidanje elektroribolova u slučaju nužde (Obradović, 2006).

2.3. Analiza podataka

Za analiziranje sastava ihtiofaune korišten je t-test za testiranje razlika između kanala i potoka,Shannon-Wiener indeks,cluster analiza i indeks različitosti. Statističke analize su bazirane na standardiziranim (broj riba na 100 m uzorkovanja) i logaritmiranim (na bazi broja 10) vrijednostima prikupljenih jedinki riba. Stanje stresa zajednice se utvrdilo ABC dijagramima i indeksima te krivuljom dominacije.

T-test je statistički postupak za testiranje značajnosti razlika između dva uzorka. T-test nam u stvari služi za provjeru nulte hipoteze koju postavljamo prilikom formiranja nacrta istraživanja. Nulta hipoteza pokazuje da nema razlike između dva uzorka. Imali smo dva uzorka, kanali i potoci. Sve lokacije su bile podijeljene u dva dijela i uspoređivali smo jednu lokaciju s drugom. T-testom smo uspoređivali: ukupan broj vrsta, broj zavičajnih vrsta, broj stranih vrsta, udio stranih vrsta, udio u biomasi stranih vrsta i vrijednost Shannon-Wiener indeksa između kanala i potoka. Ako nam t-test pokaže da razlika među aritmetičkim sredinama nije statistički značajna, onda smo potvrdili nultu hipotezu, a ako je razlika statistički značajna, oborili smo nultu-hipotezu (Bevans 2020).

Shannonov indeks raznolikosti (H'), poznat i kao Shannon-Wiener indeks je originalno zamišljen za procjenu genetske raznolikosti brojnih vrsta. Može se koristiti za opis varijacija na više razina genetske organizacije od jednog nukleotida polimorfizma (SNP) kroz cijele vrste ili veće taksonomske jedinice do ekosustava. Shanonn-Wiener indeks se koristi kao ujedinjujuća mjera za podjelu različitosti na tim razinama (Sherwin i Fornells, 2019). U načelu Shannon H uzima u obzir udio svake vrste u proučavanome ekosustavu, te daje bolji opis raznolikosti ekosustava od običnog broja vrsta. Kada je broj vrsta jednak na dva mjesta, indeks ima sposobnost razlikovati između dva mjesta na kojem mjestu dominira jedna ili više vrsta, te ima mogućnost usporediti podatke s cijelom bioraznolikošću (Sherwin i Fornells, 2019). Indeks se brzo mijenja kada raste broj niskofrekventih pojava, dok njihov broj ovisi o uzorku i njegovoj veličini . Ovaj indeks izračunavan je na slijedeći način:

. $H = -\Sigma p_i * ln(p_i)$

Σ: grčki simbol koji označava zbroj
ln: prirodni logaritam
p_i**:** udio cijele zajednice koje čine vrste

Što je veća vrijednost H, veća je raznolikost vrsta u određenoj zajednici. Što je niža vrijednost H, manja raznolikost. Vrijednost H=0 označava zajednicu koja ima samo jednu vrstu (Sherwin i Fornells, 2019).

Cluster analiza se koristi za prosjek grupe ne samo na sličnosti, nego i na način strukturiranja uzorka unutar grupe. Sveukupno na temelju prikazanog uzorka može se prosuditi, na primjer različit sastav zajednice na temelju varijacija među pojedinim vrstama u staništu (Clarke, 1993). Korištenjem ove analize je grafički prikazana povezanost, odnosno sličnost, između pojedinih lokacija uzorkovanja. Cluster analiza je bazirana na Euklidskoj udaljenosti i Bray-Curtisovoj različitosti.

Euklidska udaljenost odnosi se na udaljenost između dviju točaka. Te točke mogu biti u različitom dimenzionalnom prostoru i predstavljene su u različitim oblicima koordinata. U jednodimenzionalnom prostoru točke su na ravnoj liniji. U dvodimenzionalnom prostoru koordinate su date kao točke na x i y osi, a u trodimenzionalnom prostoru koriste se x, y i z osi. Pronalaženje Euklidske udaljenosti između točka ovisi o dimenzionalnom prostoru u kojem se nalaze (Vienne i sur., 2011).

Bray-Curtisova različitost se koristi za kvantificiranje razlika u populacijama vrsta između dva različita mjesta (Clarke, 1993). Koristi se prvenstveno u ekologiji i biologiji, a može se izračunati prema sljedećoj formuli:

$BC_{ij} = 1 – (2*C_{ij}) / (S_i + S_j)$

i & j su dva različita mjesta
Si je ukupan broj uzoraka prebrojanih na mjestu i,
Sj je ukupan broj uzoraka prebrojanih na mjestu j,
Cij je zbroj samo manjeg broja za svaku vrstu koja se nalazi na oba mjesta

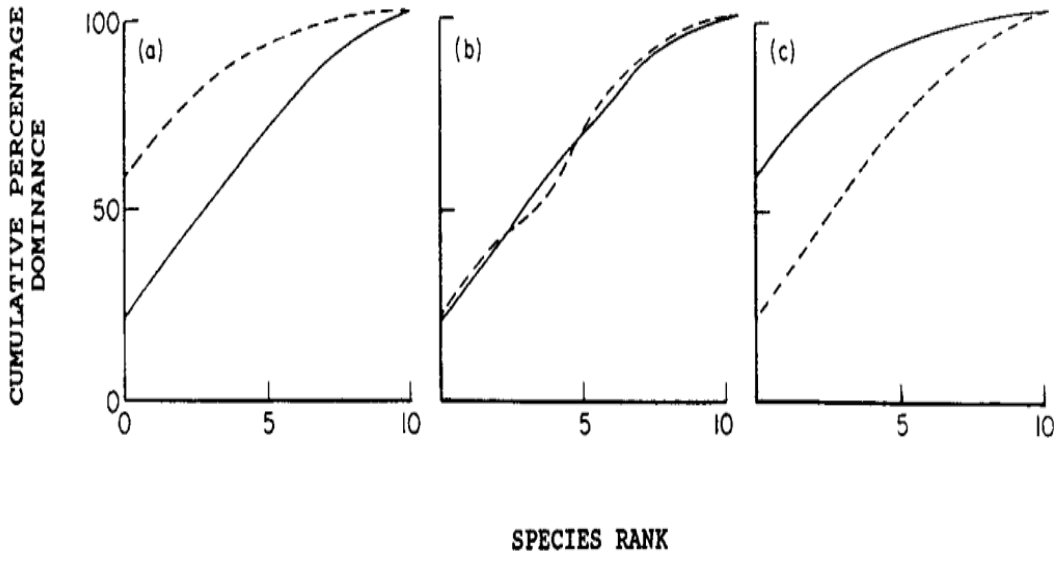
Bray-Curtisova različitost je broj uvijek između 0 i 1. Ako je 0, dva različita mjesta dijele sve iste vrste, a ako je 1 ne dijele ni jednu vrstu (Clarke, 1993). Bray-Curtisova sličnost je recipročna vrijednost Bray-Curtisove različitosti. Bray-Curtisova sličnost se koristi u ekologiji kako bi na matrici sličnosti među vrstama u određenoj populaciji predstavio međuvrsni odnos i njihova sličnost. U praksi se često postavlja pitanje koje se tiče identiteta vrsta i koji učinak pojedine vrste imaju u određivanju odnosa među uzorcima pojedinih vrsta (Clarke, 1993).

ABC (usporedba abundancije i biomase) dijagram ima teorijsku pozadinu u klasičnoj r i k selekciji. U nesmetanom stanju, zajednica bi trebala biti dominirana s k selekcioniranim vrstama (vrste koje imaju spori rast, velike su veličinom i imaju kasno sazrijevanje) te krivulja mase leži iznad krivulje abundancije. S porastom promjena u okolišu, sporo rastuće vrste se ne mogu nositi s tim promjenama, a sustavom dominiraju r-vrste (brzorastuće, male i oportunističke vrste) pa je krivulja biomase ispod krivulje abundancije. Negativan predznak označava da krivulja biomase leži ispod krivulje abundancije i označava poremećenu zajednicu. ABC dijagramom je uključen broj vrsta u analizu (Warwick i Clarke, 1994). Prednost ove metode je što bi odgovarajući skup podataka za bilo koje područje ili vrijeme trebao vrednovati dobiveni indeks, jer se biomasa uspoređuje s abundancijom za isto vrijeme i mjesto (Warwick i Clarke, 1994) . Da bi se usporedili podatci s različitih mjesta istraživanja, ABC krivulje se pretvaraju u indeks. Indeks se računa kao prosjek između kumulativne mase i abundancije (Warwick i Clarke, 1994).

$$ABC = (\Sigma Bi – Ai) \times N\text{-}1$$

Bi je postotak dominacije biomase rangirane vrste i
Ai je postotak dominacije brojnosti rangirane vrste i
N je ukupan broj vrsta

Ako ihtiocenoza nije u stresnom stanju, dobiveni rezultat bit će pozitivan broj jer krivulja biomase prelazi krivulju abundancije. Vrijednosti oko nule će ukazati na stanje umjerenog stresa (slika 2.3.1).



l. Hypothetical K-dominance curves for species abundance (——) and biomass (– – –), showing unstressed (A), moderately stressed (B) and heavily stressed (C) conditions (after Warwick, 1986)

Krivulja dominacije je krivulja kojom se želi utvrditi bioraznolikost.Krivulja se dobiva tako da se postotci biomase poredaju od najvećega prema najmanjem ,bez međusobnog dodavanja. Ako se pokaže da je bioraznolikost veća,krivulja će imati blaži pad jer više vrsta sudjeluje većim dijelom u ukupnoj biomasi. Ako prevladava samo jedna ili više nekoliko vrsta,krivulja će imati nagli pad (Treer i Piria, 2019).

3. Rezultati

3.1. Kakvoća vode istraživanih potoka i kanala

Prosječna izmjerena temperatura u 4 istraživanih potoka iznosila je 16,36 °C s najvišom izmjerenom u potoku Šumetlica na drugih 100 metara (19° C) i najnižom izmjerenom u potoku Sloboštini na prvih 100 metara (13,5 °C). Najviši postotak otopljenog kisika u vodi iznosio je (10,99 $mgL^{-1)}$)u potoku Sloboština na drugih 100 metara, a najniži na Šumetlici na drugih 100 metara(6 $mgL^{-1)}$) . Izmjereni pH bio je najviši kod potoka Šumetlica na prvih 100 metara (8,45), a najniži (7,94) kod potoka Šumetlica na drugih 100 metara. Vodljivost u Borovačkom potoku na prvih i drugih 100 metara imala je najveću vrijednost (765), a u potoku Šumetlici najnižu vrijednost (259) na prvih 100 metara. Prosječna izmjerena temperatura u 6 istraživanih kanala iznosila je 17,82°C s najvišom izmjerenom u kanalu Mali Strug (19,5° C) i najnižom izmjerenom u kanalu Lufinja (15,8°C). Najviši postotak otopljenog kisika u vodi (10,95 $mgL^{-1)}$) bio je u kanalu Mali Strug, a najniži (4,95 $mgL^{-1)}$)u kanalu Trnava. Izmjereni pH bio je najviši kod kanala Mali Strug (8,45), a najniži kod kanala Lufinja (7,46). Vodljivost u kanalu Lufinja imala je najveću vrijednost (812), a u kanalu Mali Strug najnižu vrijednost (307) (Tablica 3.1.1).

Tablica 3.1.1. Parametri kvalitete vode istraživanih lokacija što uključuje : kisik= O_2 %, O_2 mgL^{-1}; temperatura vode(ºC), pH i provodljivost te antropogeni utjeca

Vodeno tijelo	Kisik (O_2)		Temperatura	pH-vrijednost	Provodljivost	Antropogeni utjecaj
	%	$mg \times L^{-1}$	ºC		microsiemens/cm	
Rešetarica Prvih 100 metara	96	9,56	16,3	8,26	628	Uočeno smeće u koritu, prag uzvodno od lokacije
Drugih 100 metara	96	9,61	16	8,16	620	Djelomično betonirano korito
Šumetlica Prvih 100 metara	97	9,54	17,6	8,45	259	Kanalizirano korito, prag ispod mjesta uzorkovanja
Drugih 100 metara	65	6	19	7,94	505	Otpadne vode kožarske industrije

Sloboština Prvih 100 metara	104,1	10,75	13,5	8,38	273	Prag ispod mjesta uzorkovanja
Drugih 100 metara	109,5	10,99	15,1	8,18	292	Betonirane obale, prag iznad mjesta uzorkovanja
Borovački potok Prvih 100 metara	103	9,97	16,7	8,11	765	Pragovi na mjestu uzorkovanja
Drugih 100 metara	103	9,97	16,7	8,11	765	Pragovi na mjestu uzorkovanja
Trnava	52,5	4,95	18,3	7,65	537	Kanal, otpadne vode iz Šumetlice
Lufinja	63,4	6,30	15,8	7,46	812	Kanal
Starča	93	8,6	16,5	8,14	541	Kanal
Mali strug	121,2	10,95	19,5	8,45	307	Kanal
Jelas	71	6,61	18,7	7,65	372	Kanal
Vrbovljani	112	10,56	18,1	8,20	662	Kanal, naselje

3.2. Sastav ihtiofaune na istraživanim vodotocima

Tijekom istraživanja četiri potoka zabilježeno je 12 vrsta riba (Tablice 3.2.1 i 3.2.2). Klen je zabilježen na svakoj istraživanoj lokaciji u potocima, osim na nizvodnoj lokaciji potoka Šumetlica (ŠUM2) te je ukupno bio najbrojnija vrsta. Na nizvodnoj lokaciji potoka Šumetlica (ŠUM2) nije zabilježena ni jedna riba. Crnooka deverika, vijun, crvenperka, bezribica i dvoprugasta uklija su zabilježene samo na po jednoj lokaciji.
Tijekom istraživanja u 4 potoka pronađene su dvije strane vrste : babuška i bezribica. Babuška je zabilježena na obje lokacije u Rešetarici i bila je najbrojnija vrsta na uzvodnoj postaji u Šumetlici, gdje je zabilježena i jedina jedinka bezribice.

Tablica 3.2.1. Kvantitativno-kvalitativni sastav vrsta zabilježen na potocima (br: broj jedinki; br%: brojčani udio jedinki u postotku; m: masa jedinki; m%: maseni udio jedinki u postotku)

Vrste	**REŠ1**				**REŠ2**				**ŠUM1**			
	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%
Uklija (*Alburnus alburnus*)	8	11,66	25,1	3,63	3	17,65	11,50	11,22				
Dvoprugasta uklija (*Alburnoides bipunctatus*)	1	1,66	2,5	0,14								
Crnooka deverika (*Balerus sapa)*	2	3,33	17,20	2,49								
Potočna mrena *(Barbus balcanicus)*	2	3,33	50,00	7,23								
Babuška (*Carassius gibelio)*	3	5,00	79,7	11,53	3	17,65	72,00	70,24	15	45,45	311,05	19,28
Krkuša (*Gobio gobio)*	9	15,00	99,20	14,35					2	6,06	35,10	2,18
Bezribica (*Pseudorasbora parva)*									1	3,03	7,39	0,46
Gavčica *(Rhodeus amarus)*	9	15,00	19,30	2,79	1	5,88	1,50	1,46				
Bodorka (*Rutilus rutilus)*	3	5,00	32	4,63	2	11,76	8,30	8,10				
Crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus)*									1	3,03	10,70	0,66
Klen (*Squalius cephalus*)	20	33,33	353,5	51,12	8	47,06	9,20	8,98	14	42,42	1249,18	77,42
Vijun (*Cobitis elongatoides*)	4	6,67	13	1,88								
Ukupno	60	100,00	691,50	100,00	17	100,00	102,50	100,00	33	100,00	1613,42	100,00

Nastavak tablice 3.2.1.

Vrste	**BOR1**				**BOR2**				**SLO1**				**SLO2**			
	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%
Dvoprugasta uklija (*Alburnoides bipunctatus*)									30	37,97	73,91	9,93				
Potočna mrena *(Barbus balcanicus)*									46	58,23	566,35	76,10	2	66,67	9,70	1,20
Krkuša (*Gobio gobio)*	7	70,00	21,70	61,65	4	66,67	3,13	25,80								
Klen (*Squalius cephalus*)	3	30,00	13,50	38,35	2	33,33	9,00	74,20	3	3,80	104,00	13,97	1	33,33	800,00	98,80
Ukupno	10	100,00	35,20	100,00	6	100,00	12,13	100,00	79	100,00	744,26	100,00	3	100,00	809,70	100,00

Tijekom istraživanja na 6 kanala zabilježeno je 15 vrsta riba. Najbrojnija vrste u ukupnom ulovu na kanalima je bio vijun. Zabilježena je jedna strogo zaštićene vrsta, piškor, na kanalu Jelas. Na kanalima su zabilježene 4 strane vrste : babuška, sunčanica, bezribica i crni somić (Tablica 3.2.3).

Tablica 3.2.2. Kvantitativno-kvalitativni sastav vrsta zabilježen na kanalima (br: broj jedinki; br%: brojčani udio jedinki u postotku; m: masa jedinki; m%: maseni udio jedinki u postotku)

Vrste	**TRN**				**LUF**				**STA**			
	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%
Uklija (*Alburnus alburnus*)									10	37,04	13,50	1,57
Krupatica (*Blicca bjoerkna)*	2	25,00	0,63	0,48								
Babuška (*Carassius gibelio)*	4	50,00	122,50	93,28	8	88,89	91,26	75,26	9	33,33	711,20	82,90
Šaran (*Cyprinus carpio*)					1	11,11	30,00	24,74				
Klen (*Squalius cephalus*)									2	7,41	60,00	6,99
Vijun (*Cobitis elongatoides*)	2	25,00	8,20	6,24					5	18,52	21,23	2,48
Sunčanica *(Lepomis gibbosus)*									1	3,70	52,00	6,06
Ukupno	8	100,00	131,33	100,00	9	100,00	121,26	100,00	27	100,00	857,93	100,00

Nastavak tablice 3.2.2.

Vrste	**JEL**				**MST**				**VRB**			
	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%	br	br%	m (g)	m%
Uklija (*Alburnus alburnus*)					7	20,00	6,45	2,44				
Deverika (*Abramis brama*)					2	5,71	15,50	5,86				
Babuška (*Carassius gibelio)*	6	26,09	71,80	26,15					1	6,25	10,70	6,67
Bezribica (*Pseudorasbora parva)*	1	4,35	0,90	0,33								
Gavčica *(Rhodeus amarus)*					1	2,86	2,30	0,87				
Bodorka (*Rutilus rutilus)*	2	8,70	3,20	1,17	13	37,14	29,87	11,29				
Klen (*Squalius cephalus*)									3	18,75	11,60	7,23
Vijun (*Cobitis elongatoides*)	7	30,43	16,30	5,94	9	25,71	30,40	11,49	7	43,75	24,70	15,40
Piškor (*Misgurnus fossilis)*	3	13,04	143,70	52,33								
Štuka (*Esox lucius)*	4	17,39	38,70	14,09	1	2,86	160,30	60,60				
Crni somić (*Ameiurus melas)*									5	31,25	113,40	70,70
Grgeč *(Perca fluviatilis)*					2	5,71	19,72	7,45				
Ukupno	23	100,00	274,6	100,00	35	100,00	264,54	100,00	16	100,00	160,40	100,00

3.3. Raznolikost zajednica na istraživanim lokacijama

Broj vrsta po lokacijama se kreće od nula u Šumetlici nizvodno do devet u uzvodnoj lokaciji na Rešetarici. Zavičajne vrste nisu zabilježene samo u Šumetlici nizvodno, gdje ni općenito nije bilo riba. Strane vrste nisu zabilježene u pet od osam potoka i samo u Malom strugu od kanala. Shannonov indeks je, ako izuzmemo lokaciju bez riba (ŠUM2), najniži na kanalu Lufinja, a najviši na potoku Rešetarica na lokaciji REŠ1. T-testom je utvrđen značajno veći brojčani i maseni udio stranih vrsta u kanalima u usporedbi s potocima (Tablica 3.3.1).

Euklidska udaljenost je najmanja između lokacija BOR1 i BOR2 dok je najveća zabilježena između lokacija MST i SLO1 (Tablica 3.3.2.). Po cluster dijagramu na temelju Euklidske udaljenosti se lokacija SLO1 najviše razlikuje od svih ostalih lokacija (Slika 3.3.1).

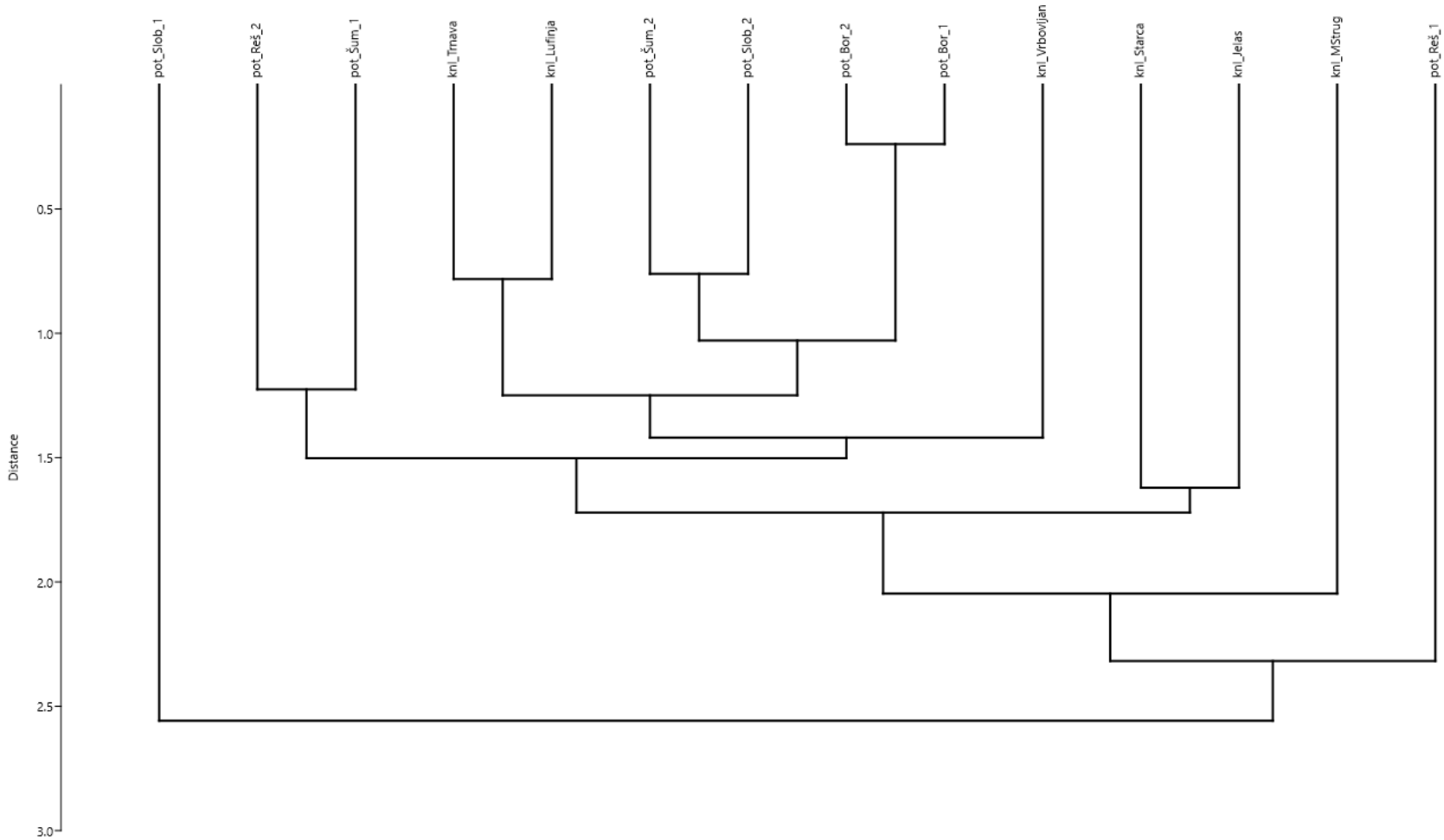
Bray-Curtisova sličnost je najveća između lokacija BOR1 i BOR2. Za lokacije koje ne dijele ni jednu zajedničku vrstu, vrijednost ove mjere iznosi nula (Tablica 3.3.3.). Po cluster dijagramu temeljenom na Bray-Curtisovoj sličnosti, lokacija ŠUM2 se najviše razlikuje od svih ostalih lokacija (Slika 3.3.2.).

Tablica 3.3.1. Broj vrsta, udio stranih vrsta i Shannonov indeks raznolikosti za istraživane lokacije te rezultat p vrijednosti t-testa razlika između potoka i kanala (razina značajnosti 5%)

Potoci	ukupan broj vrsta	broj zavičajnih vrsta	broj stranih vrsta	brojčani udio stranih vrsta (%)	maseni udio stranih vrsta (%)	Shannonov indeks
REŠ1	10	8	1	5	11,53	1,91
REŠ2	5	4	1	17,65	70,24	1,39
ŠUM1	5	3	2	48,48	19,74	1,1
ŠUM2	0	0	0	0	0	0
BOR1	2	2	0	0	0	0,61
BOR2	2	2	0	0	0	0,64
SLO1	3	3	0	0	0	0,81
SLO2	2	2	0	0	0	0,64
Kanali						
TRN	3	2	1	50	93,28	1,04
LUF	2	1	1	88,89	75,26	0,35
STA	5	4	1	33,33	82,9	1,45
MST	7	7	0	0	0	1,57
JEL	6	4	2	30,44	27,32	1,63
VRB	4	3	2	37,5	77,37	1,39
p vrijednost	0,26	0,34	0,07	**0,02**	**0,01**	0,11

Tablica 3.3.2. Euklidska udaljenost istraživanih lokacija

	Reš1	Reš2	Trn	Šum1	Šum2	Luf	Sta	MSt	Jel	Vrb	Bor2	Bor1	Slo1	Slo2
Reš1	0,00	1,73	2,55	2,03	2,66	2,63	2,12	2,41	2,63	2,32	2,19	2,11	2,83	2,45
Reš2	1,73	0,00	1,43	1,23	1,40	1,34	1,47	1,83	1,78	1,52	1,33	1,41	2,49	1,40
Trn	2,55	1,43	0,00	1,58	0,97	0,78	1,44	1,94	1,26	1,24	1,29	1,46	2,52	1,23
Šum1	2,03	1,23	1,58	0,00	1,80	1,39	1,81	2,65	1,93	1,72	1,47	1,46	2,68	1,76
Šum2	2,66	1,40	0,97	1,80	0,00	1,00	1,89	1,94	1,64	1,37	0,85	1,09	2,32	0,76
Luf	2,63	1,34	0,78	1,39	1,00	0,00	1,63	2,18	1,44	1,52	1,31	1,48	2,53	1,26
Sta	2,12	1,47	1,44	1,81	1,89	1,63	0,00	1,81	1,62	1,52	1,96	2,04	2,89	1,96
MSt	2,41	1,83	1,94	2,65	1,94	2,18	1,81	0,00	1,77	1,96	2,12	2,22	**3,02**	2,08
Jel	2,63	1,78	1,26	1,93	1,64	1,44	1,62	1,77	0,00	1,56	1,85	1,97	2,84	1,81
Vrb	2,32	1,52	1,24	1,72	1,37	1,52	1,52	1,96	1,56	0,00	1,42	1,53	2,56	1,45
Bor2	2,19	1,33	1,29	1,47	0,85	1,31	1,96	2,12	1,85	1,42	0,00	**0,24**	2,35	1,00
Bor1	2,11	1,41	1,46	1,46	1,09	1,48	2,04	2,22	1,97	1,53	**0,24**	0,00	2,42	1,18
Slo1	2,83	2,49	2,52	2,68	2,32	2,53	2,89	**3,02**	2,84	2,56	2,35	2,42	0,00	1,81
Slo2	2,45	1,40	1,23	1,76	0,76	1,26	1,96	2,08	1,81	1,45	1,00	1,18	1,81	0,00

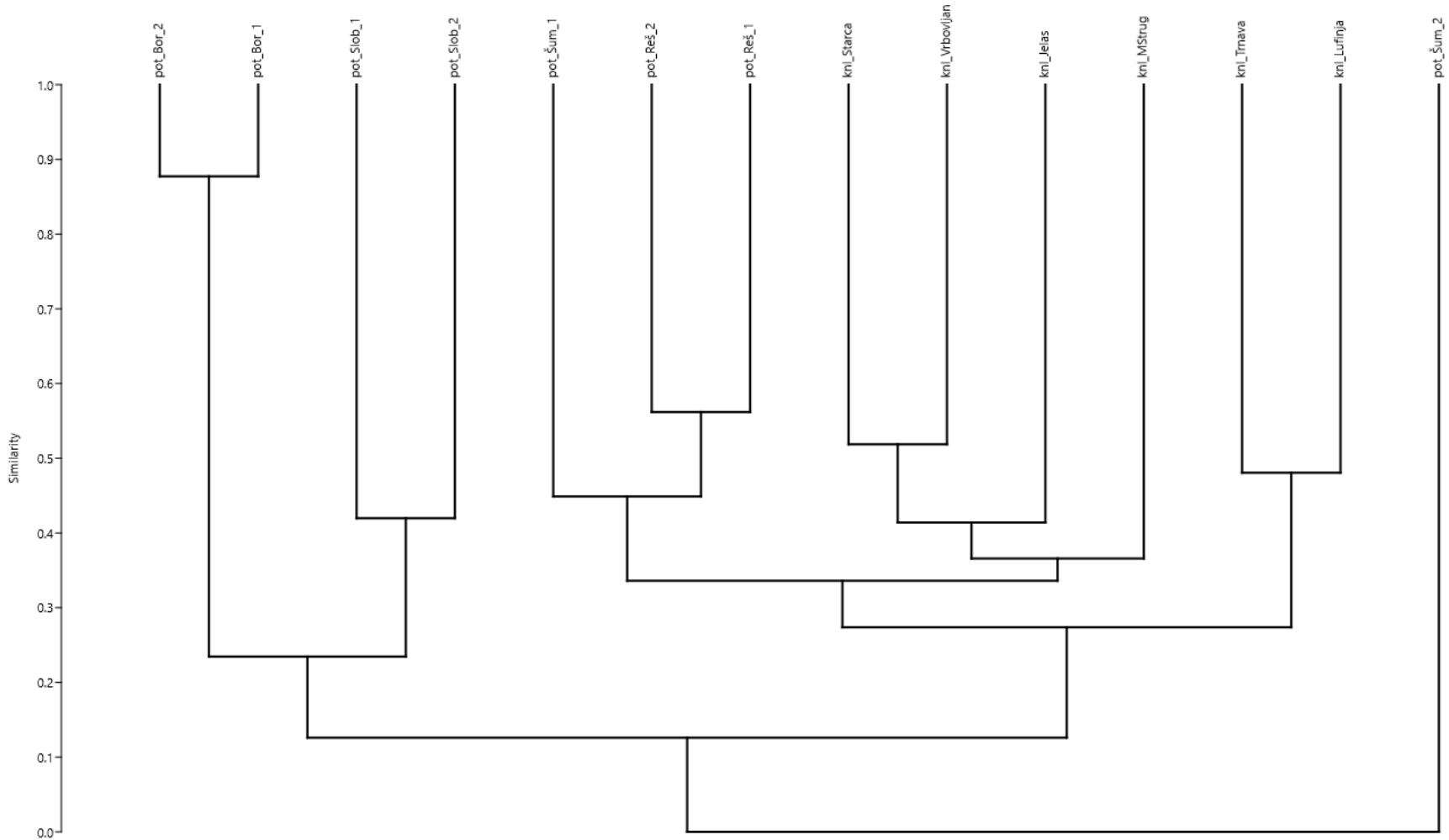


Slika 3.3.1. Cluster dijagram istraživanih lokacija temeljen na Euklidskoj udaljenosti kao mjeri različitosti

Bray-Curtisova sličnost je najveća između lokacija BOR1 i BOR2. Za lokacije koje ne dijele ni jednu zajedničku vrstu, vrijednost ove mjere iznosi nula (Tablica 3.3.3.). Po cluster dijagramu temeljenom na Bray-Curtisovoj sličnosti, lokacija ŠUM2 se najviše razlikuje od svih ostalih lokacija (Slika 3.3.2.).

Tablica 3.3.3. Bray-Curtisova sličnost između istraživanih lokacija

	Reš1	Reš2	Trn	Šum1	Šum2	Luf	Sta	MSt	Jel	Vrb	Bor2	Bor1	Slo1	Slo2
Reš1	1,00	0,56	0,24	0,41	0,00	0,14	0,47	0,41	0,31	0,32	0,27	0,33	0,24	0,18
Reš2	0,56	1,00	0,26	0,49	0,00	0,29	0,49	0,37	0,32	0,33	0,23	0,27	0,18	0,15
Trn	0,24	0,26	1,00	0,27	0,00	0,48	0,42	0,15	0,43	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
Šum1	0,41	0,49	0,27	1,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,31	0,30	0,41	0,43	0,17	0,14
Šum2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luf	0,14	0,29	0,48	0,40	0,00	1,00	0,37	0,00	0,33	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Sta	0,47	0,49	0,42	0,40	0,00	0,37	1,00	0,45	0,45	0,52	0,19	0,18	0,12	0,12
MSt	0,41	0,37	0,15	0,00	0,00	0,00	0,45	1,00	0,40	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Jel	0,31	0,32	0,43	0,31	0,00	0,33	0,45	0,40	1,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
Vrb	0,32	0,33	0,37	0,30	0,00	0,16	0,52	0,25	0,38	1,00	0,25	0,29	0,19	0,17
Bor2	0,27	0,23	0,00	0,41	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,25	1,00	**0,88**	0,19	0,28
Bor1	0,33	0,27	0,00	0,43	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,29	**0,88**	1,00	0,23	0,24
Slo1	0,24	0,18	0,00	0,17	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,19	0,19	0,23	1,00	0,42
Slo2	0,18	0,15	0,00	0,14	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,17	0,28	0,24	0,42	1,00



Slika 3.3.1. Cluster dijagram istraživanih lokacija temeljen na Bray-Curtisovoj sličnosti

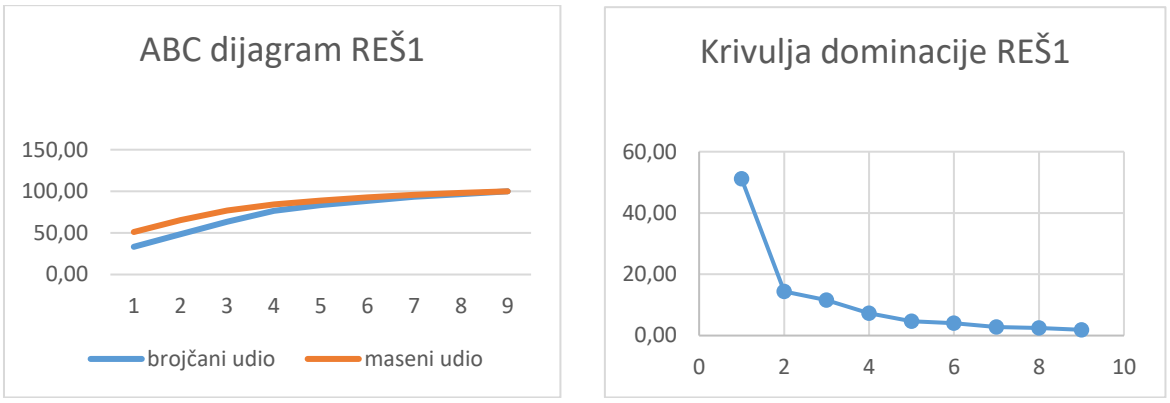
3.4. Razina stresa unutar zajednica riba na istraživanim lokacijama

Vrijednosti ABC indeksa za istraživana područja su pokazale da su zajednice riba pod visokim stresom ili ga, na nekim lokacijama, nije opće bilo. Dvije lokacije su pod visokim stresom, a na osam lokacija stres putem ABC indeksa nije utvrđen. Najviša vrijednost ABC indeksa je zabilježena za kanal Trnava (TRN), a najniža za kanal Lufinja (LUF) (tablica 3.4.1.; slike 3.4.1.1.-3.4.1.13.).

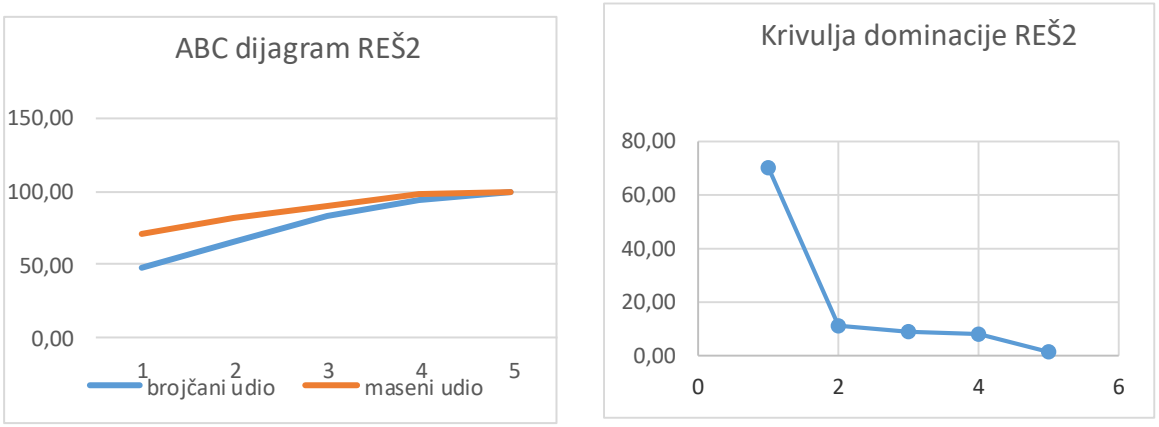
Krivulje dominacije pokazuju dominaciju jedne vrste u biomasi na svim lokacijama, osim na lokacijama BOR1 i JEL (slike 3.4.1.1.-3.4.1.13.).

Tablica 3.4.1 Vrijednosti ABC indeksa na istraživanim lokacijama

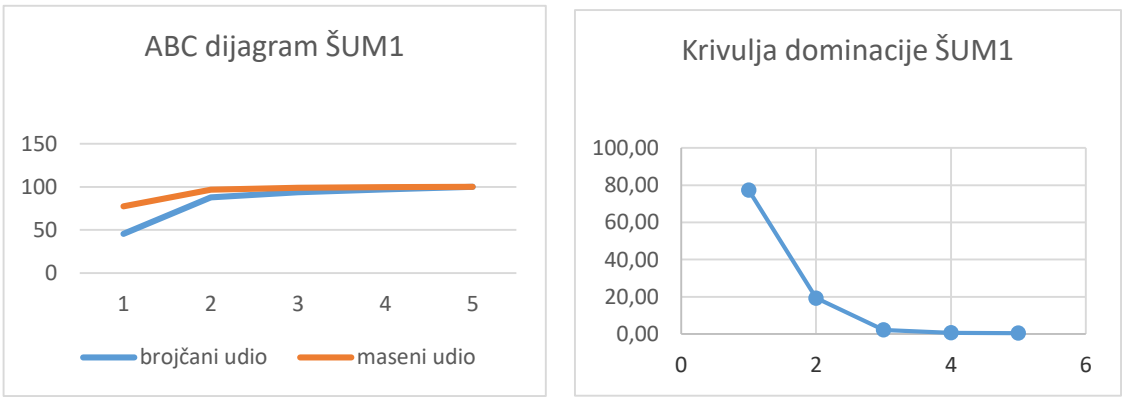
	ABC index	Razina stresa
Potoci		
REŠ1	7,78	nema stresa
REŠ2	10,49	nema stresa
ŠUM1	9,67	nema stresa
SLO1	3,91	nema stresa
SLO2	16,07	nema stresa
BOR1	-4,18	visok stres
BOR2	3,77	nema stresa
Kanali		
TRN	22,6	nema stresa
LUF	-6,78	visok stres
STA	13,96	nema stresa
MST	5,27	nema stresa
JEL	13,02	nema stresa
VRB	10	nema stresa



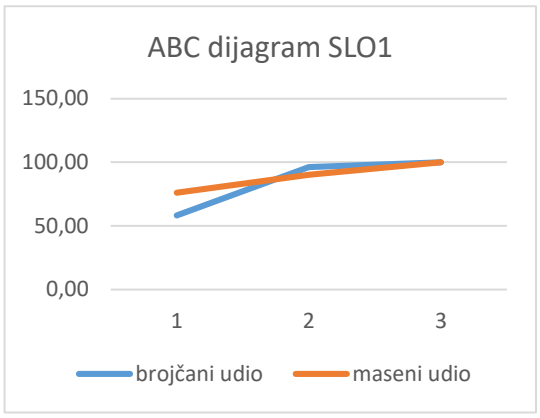
Slika 3.4.1.1. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka REŠ1

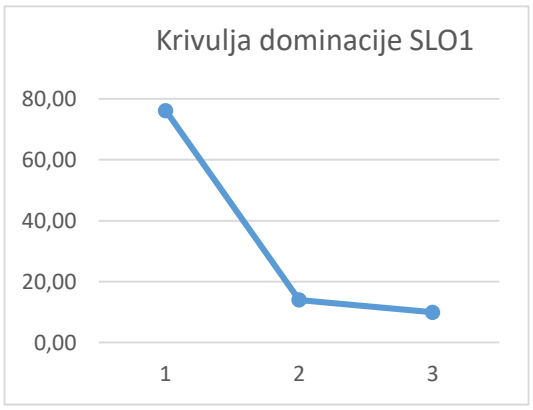


Slika 3.4.1.2. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka REŠ2

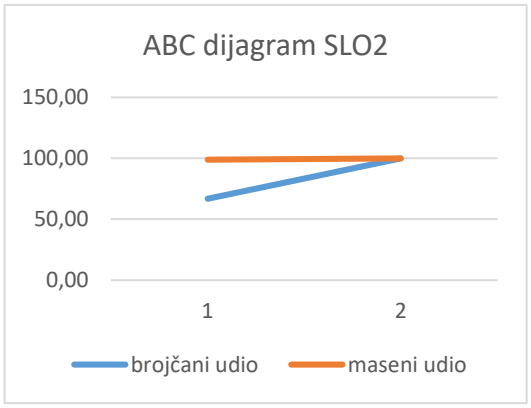


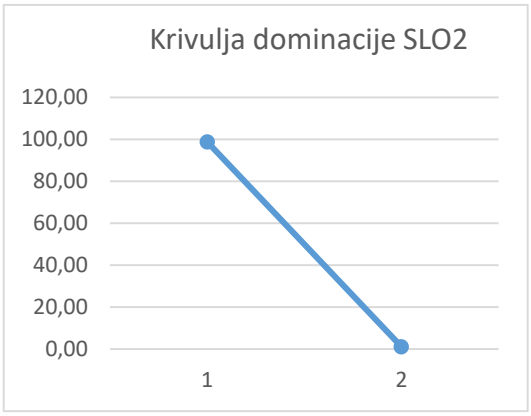
Slika 3.4.1.3. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka ŠUM1



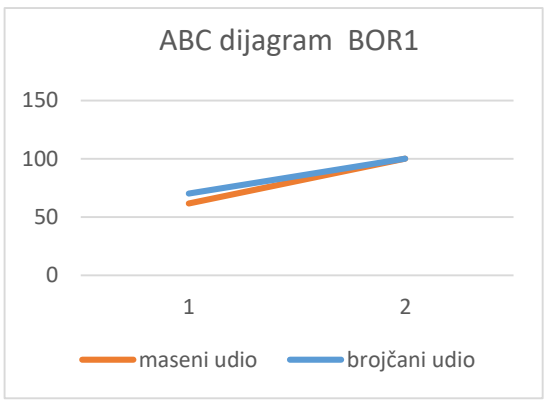


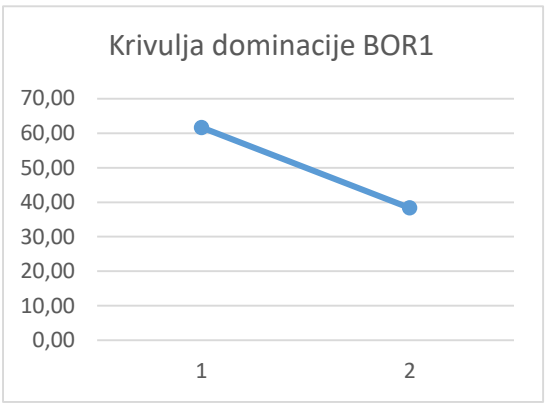
Slika 3.4.1.4. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka SLO1



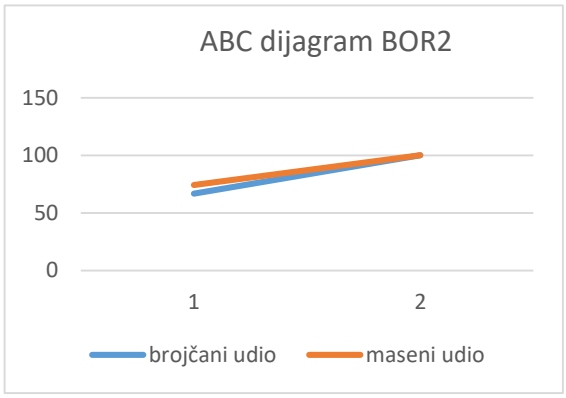


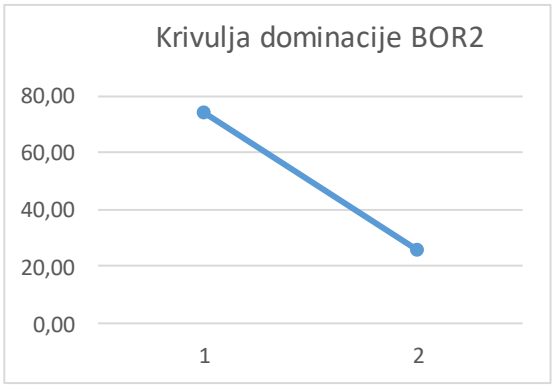
Slika 3.4.1.5. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka SLO2



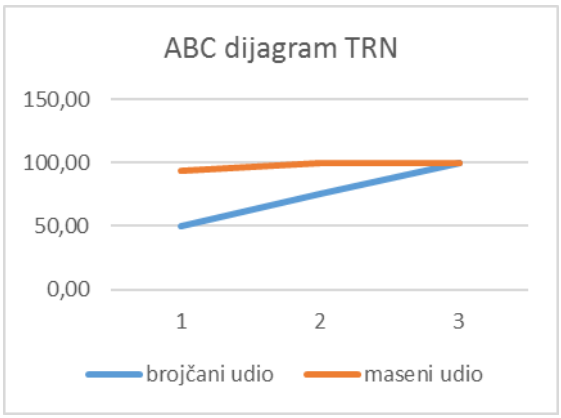


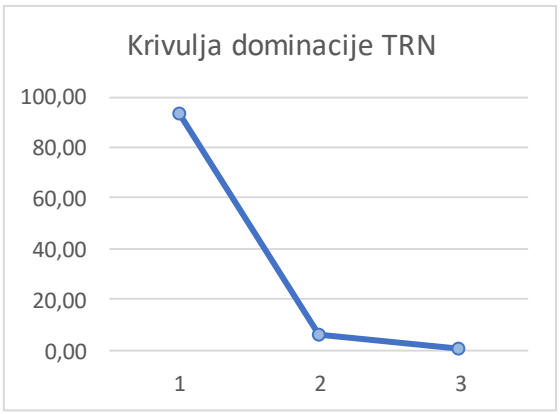
Slika 3.4.1.6. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka BOR1



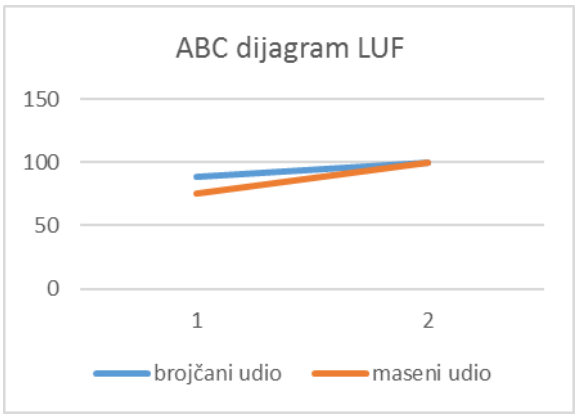


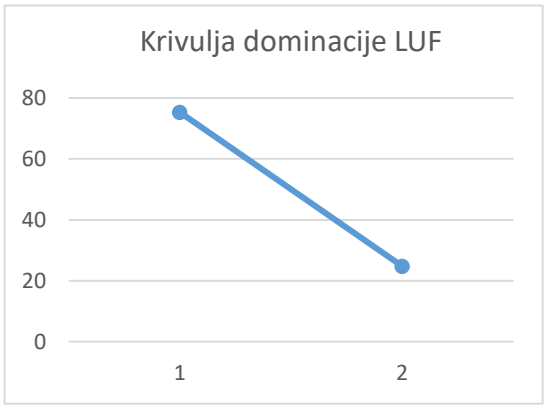
Slika 3.4.1.7. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije potoka BOR2



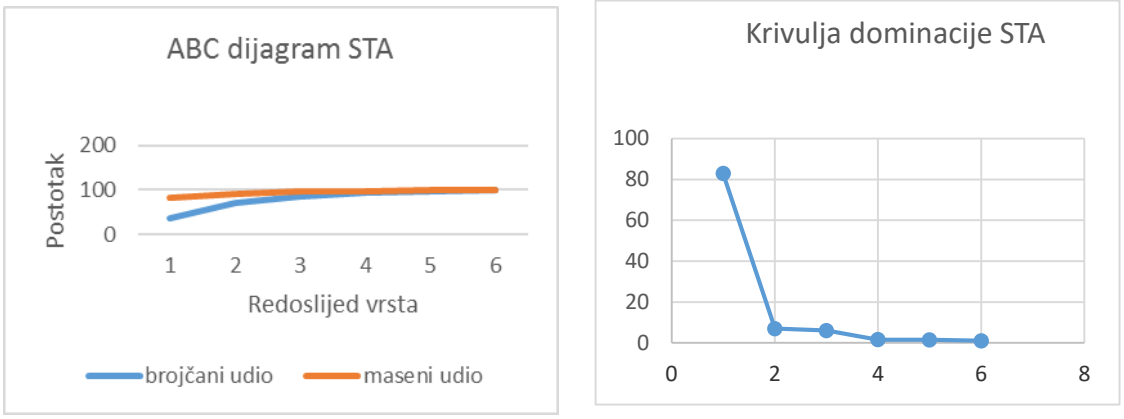


Slika 3.4.1.8. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanala TRN

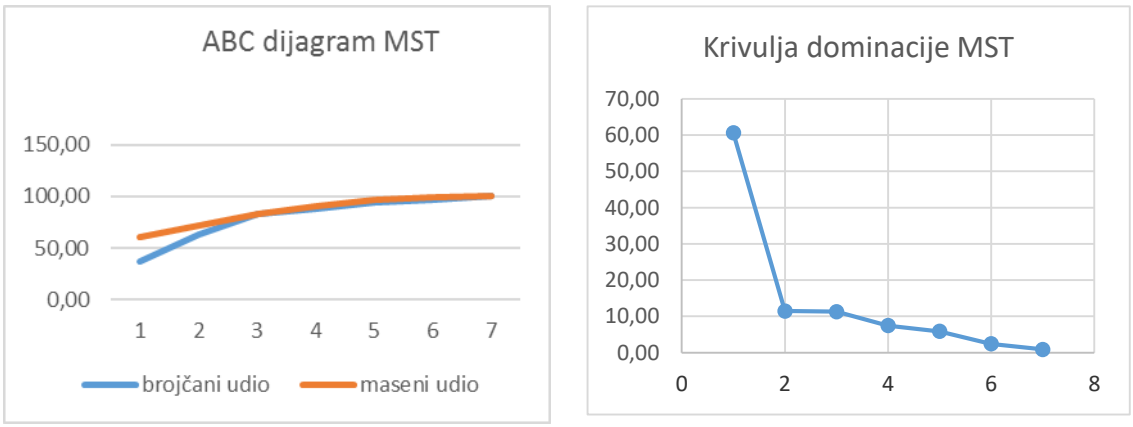




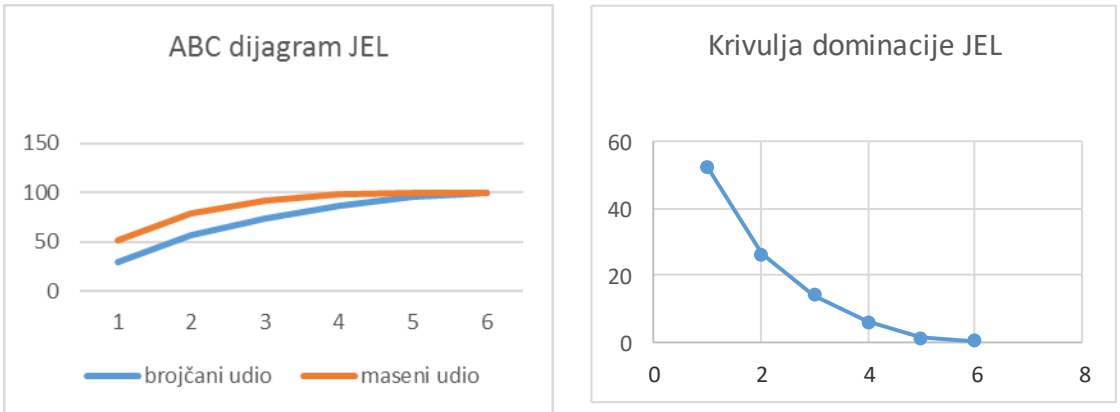
Slika 3.4.1.9. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanal LUF



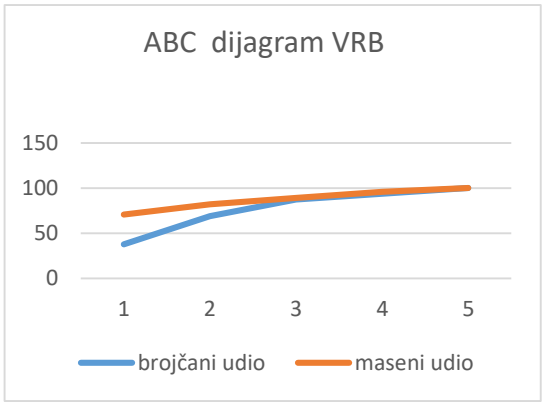
Slika 3.4.1.10. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanal STA

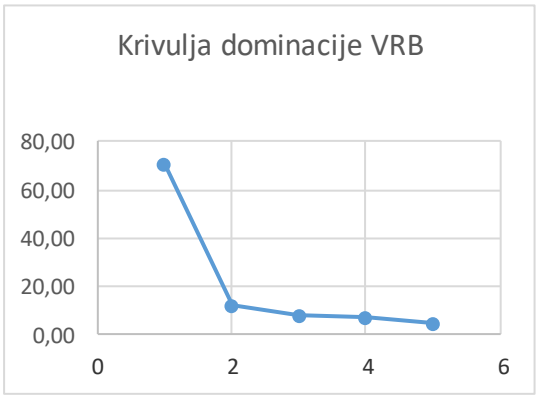


Slika 3.4.1.11. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanala MST



Slika 3.4.1.12. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanala JEL





Slika 3.4.1.13. prikazuje ABC indeks i krivulju dominacije kanala VRB

4. Rasprava

Antropogeni utjecaj je zabilježen na svim vodotocima koji su uključeni u istraživanje. Utvrđenim stanjem na terenu, najveći je negativan utjecaj zabilježen na nizvodnoj lokaciji na Šumetlici u koju utječu otpadne vode iz industrije i grada Nove Gradiške i na toj lokaciji nisu zabilježene ribe. Svi vodotoci uključeni u istraživanje su pritoci rijeke Save i ihtiofauna zabilježena u njima je karakteristična za rijeku Savu i općenito savski sliv (Ćaleta i sur., 2019). Od ukupno 20 zabilježenih vrste, četiri vrste su strane (babuška, bezribica, sunčanica i crni somić), dok je jedna strogo zaštićena, piškor. S obzirom da je u prijašnjim istraživanjima za rijeku Savu zabilježeno od 42 (Mrakovčić i sur., 2006) do 52 vrste riba (Sofradžija, 2009), može se zaključiti da istraživane vodotoke nastanjuje osiromašena zajednica rijeke Save. Ukupno je u istraživanju najbrojnija vrsta bio klen sa 74 jedinke zabilježene na 9 od 14 postaja uzorkovanja. Klen je široko rasprostranjena riba koja nastanjuje različita staništa od malih planinskih potoka do velikih jezera i nizinskih rijeka te je oportunistički svejed (Edge i Freyhof, 2007). Ova vrsta je ujedno tolerantna i na lošu kvalitetu vode i degradaciju staništa (Maceda-Veiga i De Sostoa, 2011), što objašnjava njegovu najveću zastupljenost u uzorku i prisutnost u različitim tipovima staništa. Uzvodni dio potoka Sloboština (SLO1) je bila lokacija u najprirodnijem stanju s mnogo kisika i malom provodljivosti vode. Ovdje su najbrojnije vrste bile dvoprugasta uklija i potočna mrena koje traže vodu bogatu kisikom i tvrdo dno s izraženom strujom vode (Kottelat i Freyhof, 2007). Na ostalim lokacijama su, uz iznimku krkuše na Borovačkom potoku i ranije spomenutog klena, prevladavale vrste koje se inače povezuju s donjim tokovima rijeka i mekim supstratom poput bodorke, vijuna i babuške (Froese i Pauly, 2021).

Najveći broj vrsta (9) i najveća raznolikost po Shannon-Wiener indeksu je zabilježena na lokaciji REŠ1. Ova lokacija se nalazi blizu ušća potoka Rešetarica u rijeku Savu. Na njoj je korito u prirodnom stanju i predstavlja heterogeno stanište. Međutim, i ovdje je zabilježena invazivna babuška. Na četiri lokacije su pronađene samo po dvije vrste (BOR1, BOR2, SLO2, LUF) i na dvije po tri vrste (SLO1, TRN). Za te, vrstama siromašne, zajednice je utvrđena i najniža vrijednost Shannon-Wiener indeksa bioraznolikosti. Usporedbom kanala i potoka nije pronađena značajna razlika između ukupnog broja vrsta, broja zavičajnih i stranih vrsta te Shannon-Wienerovog indeksa, ali t-test je pokazao da je u kanalima bilo značajno više stranih vrsta, i po brojčanom i po masenom udjelu. Jedini kanal u kojem nije zabilježena ni jedna jedinka strane vrste je Mali Strug dok strane vrste nisu zabilježene na pet od osam uzorkovanih lokacija na potocima. Umjetni kanali su izrazit primjer jednolikih staništa sa smanjenom raznolikošću ribljih zajednica (Madejczyk i sur., 1998). Izrazito modificirana staništa poput kanala su često specifična po siromašnim zajednicama zavičajnih vrsta i dominaciji stranih vrsta (Clavero i sur., 2013). To je slučaj u većini kanala u ovom istraživanju. Na dva potoka, Borovačkom i Sloboštini, je zabilježen mali broj vrsta (dvije na Borovačkom i tri na Sloboštini), i nije zabilježena ni jedna strana vrsta ribe. To može biti posljedica fragmentacije staništa betonskim pragovima i branama koji otežavaju migraciju riba (Edge i sur,. 2017), što naposlijetku uključuje i strane vrste.

Sličnost između zajednica je opisana euklidskom udaljenošću i Bray-Curtis indeksom sličnosti. Obje metode su pokazale najveću sličnost između dvije lokacije na Borovačkom potoku (BOR1 i BOR2), na kojima su zabilježene samo iste dvije vrste: krkuša i klen. Po euklidskoj udaljenosti se lokacija SLO1 najviše razlikuje od svih ostalih, dok je po Bray-Curtis sličnosti najrazličitija lokacija ŠUM2. Razlika između ove dvije mjere je u tome što Bray-Curtis sličnost, za razliku od euklidske udaljenosti, ne uzima u obzir zajedničko odsustvo istih vrsta kao indikaciju sličnosti između dva uzorka, odnosno računa se samo na temelju prisutnih vrsta u svim uzorcima, zbog čega se smatra jednom od najpouzdanijih mjera i najčešće se koristi u ekološkim istraživanjima (Clarke, 1993). U ovom istraživanju se to potvrdilo jer je uz Bray-Curtis metodu kao najrazličitija lokacija izdvojena ŠUM2, jedina na kojoj nisu zabilježene ribe, a sve lokacije s istih potoka su blisko svrstane s obzirom da se na njima pojavljuju slične vrste. Generalno se u Bray – Curtis cluster analizi mogu prepoznati 5 podgrupa: lokacije u potocima s malim brojem prisutnih vrsta (Borovački potok i Sloboština), lokacije u potocima s većim brojem vrsta (ŠUM1 i Rešetarica), kanali s većim brojem vrsta (Starča, Vrbovljani, Jelas, Mali Strug), kanali s malim brojem vrsta (Trnava i Lufinja), lokacija bez zabilježenih riba (ŠUM2). Zanimljivo je da su u Bray-Curtis cluster analizi Trnava i Lufinja bili odvojeni od ostalih kanala. U oba ova kanala je pronađen mali broj vrsta s malim brojem jedinki i u njima je izmjerena niža razina kisika što može utjecati na sastav ribljih zajednica (Wang i sur., 2006). Najviše vrsta u kanalima je zabilježeno u kanalu Mali Strug (7) i Jelas (6) koji su geogrefski međusobno vrlo blizu. Mali Strug se nalazi unutar PP Lonjsko polje, a Jelas svega nekoliko metara od granice Parka. Udaljeni su od naselja , što je najvjerojatnije razlog da su pod malim antropogenim utjecajem. U ta dva kanala je zabilježena i najmanja prisutnost stranih vrsta među kanalima, i po broju i po biomasi.

ABC indeksom je utvrđeno stanje stresa samo na lokaciji BOR1 i na kanalu Lufinja. Treba napomenuti da vrijednost ovog indeksa ovisi samo o broju jedinki i biomasi uzorka (Warwick i Clarke, 1994). Indeks ne ukazuje na moguće siromašne zajednice kada u uzorku postoje samo dvije vrste (četiri lokacije u ovom istraživanju) i na prisutnost invazivnih vrsta, stoga ga treba gledati u kontekstu s drugim podacima. S druge strane, krivulja dominacije pokazuje da je na većini uzorkovanih lokacija jedna vrsta izrazito dominantna. Njezin strmi pad ukazuje na nepovoljno stanje (Treer i Piria, 2019). Ovu vrijednost je također problematično interpretirati kada imamo samo dvije vrste u uzorku, jer će jedna gotovo uvijek biti brojnija. Usporedbom krivulja dominacije, zadovoljavajuće stanje je moguće utvrditi samo na kanalu Jelas gdje krivulja ima blag pad, no i ovdje su prisutne invazivne babuška i bezribica koje čine gotovo trećinu uzorka i po brojnosti i po biomasi.

Kombinacija korištenja više metoda analize ribljih zajednica u ovom istraživanju pokazuje da je na svim istraživanim lokacijama prisutan negativan utjecaj čovjeka na riblje zajednice. To je u skladu sa zaključkom autora Simonović i sur. (2016) koji u svojem istraživanju navode da su donji tok rijeke Save i okolno područje pod velikim antropogenim pritiskom koji uzrokuje stres u ribljim zajednicama i pogoduje stranim vrstama riba, a lokacije uključene u ovo istraživanje su upravo smještene u donjem dijelu slijeva rijeke Save.

5. Zaključak

Ihtiofauna pritoka Save ovog područja odgovara osiromašenoj zajednici rijeke Save s utvrđenih 20 vrsta riba i klenom kao najbrojnijom vrstom. Utjecaj čovjeka je zabilježen na svim istraživanim lokacijama u obliku fragmentacije staništa pregradama (pragovima) na potocima, jednolikog staništa na kanalima te unosom stranih vrsta i zagađenjem na oba tipa staništa. Ti negativni utjecaji se manifestiraju, ovisno o lokaciji, malim brojem prisutnih vrsta riba ili čak njihovim odsustvom, izrazitom dominacijom jedne vrste, velikim udjelom invazivnih vrsta ili generalnim stanjem stresa. Usporedbom zajednica između potoka i kanala je utvrđeno da u kanalima strane vrste imaju značajno veći udio u brojnosti i biomasi od onih u potocima. Također je ustanovljeno da za ovakve usporedbe ribljih zajednica Bray-Curtis sličnost predstavlja bolju metodu od euklidske udaljenosti jer se bazira isključivo na brojnosti jedinki prisutnih vrsta istraživanih i uspoređivanih zajednica, što olakšava interpretaciju rezultata.

6. Literatura

Bevans R. (2020). Scribb. An indroduction to t-test. www.scribbr.com – pristup (08/2020)

Clarke K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology. 18(1): 117–143.

Clavero M., Hermoso V., Aparicio E. Godinho F.N. (2013). Biodiversity in heavily modified waterbodies: native and introduced fish in Iberian reservoirs. Freshw Biology. 58: 1190-1201.

Ćaleta M., Marčić Z., Buj I., Zanella D., Mustafić P., Duplić A., Horvatić S. (2019). A review of extant Croatian freshwater fish and lampreys - Annotated list and distribution. Croatian journal of fisheries. Ribarstvo. 77 (3): 136-232.

Ćaleta, M., Brigić, A., Buj, I., Mustafić, P., Zanella, D. (2006). Crvena knjiga slatkovodnih riba. 233: 14-36.

Dodds W. K., Gido K., Whiles M. R., Daniels M. D., Grudzinski B. P. (2015). The Stream Biome Gradient Concept: factors controlling lotic systems across broad biogeographic scales. Freshwater Science. 34(1): 1–19.

Edge C.B., Fortin M.-J., Jackson D.A., Lawrie D., Stanfield L., Shrestha N. (2016). Habitat alteration and habitat fragmentation differentially affect beta diversity of stream fish communities. Landscape Ecology. 32: 647-662.

Froese R. i Pauly D. (2021). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org – pristup (06/2021)

Knight Merz S. (2008). An overview of the impacts of translocated native fish species in Australia. Autralian Government, Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts.

Kottelat, M. i Freyhof, J. (2007) Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646.

Maceda-Veiga A. i De Sostoa A. (2011). Observational evidence of the sensitivity of some fish species to environmental stressors in Mediterranean rivers. Ecological Indicators. 11(2): 311–317.

Madejczyk J.C., Mundahl N.D., Lehtinen R.M. (1998). Fish Assemblages of Natural and Artificial Habitats within the Channel Border of the Upper Mississippi River. The American Midland Naturalist. 139(2): 296-310.

Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Ćaleta, M., Mustafić, P. i Zanella, D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture i Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

Obradović D. (2006). Elektroribolov . www.pcelica.co.rs – pristup (07/2020)

Pofuk M., Zanella D., Piria M. (2017). An overview of the translocated native and non-native fish species in Croatia: pathways, impacts and management. Management of Biological Invasions. 8(3): 425 – 435.

Popović Z. N., Đuknić A. J., Atlagić Č., Raković J. M., Marinković S. N., Tubić P. B., Paunović M. M. (2016). Application of the Water Pollution Index in the Assessment of the Ecological Status of Rivers: a Case Study of the Sava River, Serbia. 68(1):97-102

Sherwin B. W. i Fornells P.N (2019) The Introduction ofr Entropy and Information Methods to Ecology by Ramon Margafel. Entropy. 21 (8): 794.

Simonović P., Piria M., Zuliani T., Ilić M., Marinković N., Kračun-Kolarević M., Paunović M. (2017). Characterization of sections of the Sava River based on fish community structure. Science of The Total Environment. 574: 264–271.

Simonović P., Povž M., Piria M., Treer T., Adrović A., Škrijelj R., Simić V. (2014). Ichthyofauna of the River Sava System. The Sava River. 361–400.

Sofradžija A. (2009): Slatkovodne ribe Bosne i Hercegovine. Vijeće Kongresa

Treer T i Piria M. (2019). Osnove primijenjene ihtiologije. 145: 28-29

Vienne D., Aguileta G., Ollier S. (2011). Euclidean Nature of Phylogenetic Distance Matrices.60(6):826-832.

Warwick R.M. i Clarke K.R. (1994) Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities, Marine Biology, 118: 739-744.

7. Životopis

Sanja Maturanec rođena je 19.09.1989 godine u Zagrebu. Osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje završila je u Zagrebu. Akademske godine 2008/2009. upisala je Veterinarski fakultet u Zagrebu. Akademske godine 2015/2016. upisala je preddiplomski studij Animalne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu koji završava u rujnu 2018. godine obranom završnog rada na temu Metode odbića ždrijebadi: prednosti i nedostaci pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jelene Ramljak. Akademske godine 2018/2019. upisala je diplomski studij Ribarstvo i lovstvo na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.