

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Katarina Z. Stojanović

**Uticaj pastrmskih ribnjaka na zajednice
makrozoobentosa tekućica sa posebnim osvrtom
na larve roda *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)**

doktorska disertacija

Beograd, 2017.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Katarina Z. Stojanović

**Influence of trout farms on macrozoobenthos
communities with special emphasis on larvae of
the genus *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2017.

Mentor:

Dr Ivana Živić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

Članovi komisije:

Dr Jasmina Krpo-Ćetković, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

Dr Zoran Marković, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

Dr Branko Miljanović, vanredni profesor,
Univerzitet u Novom Sadu – Prirodno-matematički fakultet

Dr Mladen Kučinić, redovni profesor
Sveučilište u Zagrebu – Prirodoslovno-matematički fakultet

Datum odbrane: _____

Koliko je istraživački rad pun izazova i neizvesnosti shvatila sam tokom izrade ove disertacije. Istražujući brdsko-planinske tekućice imala sam privilegiju da upoznam predele naše zemlje i osetim koliko je čarobno biti deo prirode.

U početku nije bilo nimalo lako organizovati terenska istraživanja i prilagoditi se vremenskim uslovima koji nekada baš nisu išli „na ruku“. Kako je vreme prolazilo, tako sam sve više shvatala da imam najzanimljiviji posao – posao biologa istraživača.

Na putu do završetka ove disertacije, pomogli su mi mnogi dragi ljudi kojima želim ovom prilikom da izrazim zahvalnost:

Mentorki, **prof. dr Ivani Živić**, dugujem neizmernu zahvalnost što me je uvela u svet makrozoobentosa, ukazala veliko poverenje i dala šansu da se ostvarim kao istraživač. Hvala Vam što ste uvek verovali u mene i pružili podršku kada je bilo najpotrebnije.

Prof. dr Zoranu Markoviću najlepše hvala što mi je pružio mogućnost da budem deo njegovog istraživačkog tima, pomogao prilikom realizacije terenskih istraživanja i dao korisne sugestije u izradi teze.

Prof. dr Jasmini Krpo-Četković veliko hvala na konstruktivnim sugestijama i uloženom trudu tokom pregleda disertacije.

Srdačnu zahvalnost dugujem **prof. dr Mladenu Kučiniću** koji mi je otkrio tajni svet trihoptera i pružio stručnu i motivacionu pomoć u karijeri. Profesore, čast mi je što sam Vas srela na svom istraživačkom putu!

Hvala **prof. dr Branku Miljanoviću** i njegovim saradnicama **Sonji Pogrmić, Bojani Čikarić** i **Tamari Jurci** na pruženoj pomoći u determinaciji oligoheta.

Prof. dr Miroslavu Živiću neizmerno sam zahvalna na pruženoj pomoći u izradi disertacije i statističkoj obradi podataka. Hvala na uloženom trudu, uvek dobroj volji i vremenu za diskusiju o rezultatima.

Dr Milani Mitrović, višem naučnom saradniku sa Instituta za zaštitu bilja i životnu sredinu, zahvaljujem od srca što je svojim trudom, radom i velikim entuzijazmom doprinela da molekularnim analizama upotpunimo istraživanje o rodu *Baetis*.

Prof. dr Željku Tomanoviću i **prof. dr Ljubiši Stanisavljeviću** veliko hvala na ukazanom poverenju i mogućnosti da budem sastavni deo katedre za Zoologiju beskičmenjaka i entomologiju.

Dr Dejanu Mirčiću, kolegi i velikom prijatelju, hvala za ideju da u istraživanja uključimo enzime antioksidativnog stresa i veliki trud prilikom dolaska do vrednih rezultata. Zahvaljujem i **dr Vesni Perić-Matarugi** i **dr Dajani Todorović** koje su dale veliki doprinos u realizaciji ovih istraživanja.

Akademiku **Gordanu Karamanu** najlepše hvala na pruženoj pomoći u determinaciji amfipodnih račića, kao i **dr Božani Karaman** koja je omogućila da, uz puno ljubaznosti, materijal stigne na pravo mesto.

Veliko hvala **Jeleni Đorđević, Jeleni Jovanović, Sanji Stanojlović i Radoslavu Daljeviću** na urađenim hemijskim analizam.

Prof. dr Aleksandri Korać, Igoru Goliću, Maji Bogdanović i Aniti Lazarević hvala što su, kad god je trebalo, ustupili mesto u njihovoj laboratoriji i pomogli pri fotografisanju mikroskopskih preparata.

Kolegama iz Niša, **dr Đurađu Miloševiću** najlepše hvala na determinaciji velikog broja hironomida čime je ovo istraživanje upotpunjeno. Srdačno zahvaljujem **dr Vladimiru Žikiću** što je bio zainteresovan za moj istraživački rad i pomogao da objavim svoju prvu publikaciju iz teze.

Kolegama sa projekta **prof. dr Vesni Poleksić, dr Zorki Dulić, dr Marku Stankoviću, dr Božidaru Raškoviću, dr Renati Relić, Ljubici Todorić i Zorici Radović** zahvaljujem na savetima, ustupljenoj literaturi i pomoći prilikom izrade teze.

Hvala kolegamicama **Milenki Žunić, Slavici Marinković, Danki Bojić i Mariji Žarković** na pruženoj pomoći prilikom razdvajanja materijala. Posao je bio mnogo lakši u vašem društvu.

Kolegama i prijateljima **Jeleni Danilović Luković, Alenki Durutović, Draganu Antiću, Ratku Pavloviću, Milošu Ćiriću i Saši Nikolovu** dugujem veliku zahvalnost na pomoći u radu na terenu. Drugari, hvala vam što ste bili tu kada se činilo da nema nikoga da „priskoči“ u pomoć.

Zahvaljujem svim dobrim ljudima sa pastrmskih ribnjaka: **Gordanu, Radenku, braći Vukićević, gazda Raši, Raci, Daliboru, Bojanu i Banetu** na ustupljenim podacima i gostoprimstvu.

Hvala kolegama i prijateljima, **Jeleni Đuknić** na pomoći oko determinacije simulida i **Borisu Novakoviću** na stručnoj pomoći. Hvala na divnom druženju tokom studentskih dana.

Dragoj kolegici **Maji Dakić** hvala na podršci, divnom druženju i uvek dobrom raspoloženju!

Najlepše hvala **dr Tamari Karan-Žnidaršič** na determinaciji ostrakoda i dobroj volji da uvek pomogne i da konstruktivne savete.

Dragim kolegama i prijateljima sa katedre, **dr Marini Kaiser, Anđelki Popović, dr Anđeljku Petroviću, Jelisaveti Čkrkić, Nikoli Vesoviću, Zoranu Nikoliću i Nenadu Lazareviću** hvala na velikoj podršci i pomoći uvek kada je trebalo!

Mojoj kumi **Temzi** veliko hvala što je oduvek bila iskren i pravi prijatelj.

Zahvaljujem se i Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskoj podršci, čime je omogućena realizacija ovog rada.

Beskrajnu zahvalnost dugujem mojoj porodici koja je uvek imala puno razumevanja za mene i dala veliku podršku i motivaciju tokom izrade ove teze.

***Ujka Tuna**, hvala ti što si me naučio da zavolim biologiju i prirodu.*

*Veliko hvala mom **ujka Bodetu**, mom najvećem uzoru i primeru kako se treba odnositi prema istraživačkom radu.*

*Hvala mojoj **sestri Sandri** koja mi je pružila svu sestrinsku ljubav i bila oduvek najbolji sagovornik, kao i mom **bratu Ivanu** koji je uvek bio tu da pomogne.*

***Mojim Stojanovićima**, Jadranki, Ivanu, Igoru i Zvonku, dugujem veliku zahvalnost za svu pomoć i podršku tokom terenskih istraživanja, što su i u svakom drugom trenutku bili spremni da pruže pomoć, kada je bila najpotrebnija.*

*Hvala **Nadi i Jani**, tetkinim princezama, unele ste radost u moj život! Hvala i njihovoj mama **Kaji** koja je uvek bila divna podrška.*

*Mom **bratu Raletu**, hvala za svu ljubav i podršku. Hvala ti što si bio pun razumevanja kada mi je bilo najteže.*

*Mom **suprugu Daliboru** pripada posebno mesto u ovoj zahvalnici, koji je dao svaki delić sebe u izradi ove teze. Probudio je terenca u meni, pokrenuo istraživački duh i bio tu i u dobrim i lošim trenucima. Daci, malo je reći hvala ti, srećna sam što te imam.*

*Hvala mojoj najvećoj radosti, koja je „ušetala“ u naše živote na putu izrade ove teze, mom **sinu Marku**. Uz tvoje zagrljaje i osmehe sve je bilo lakše, mnogo te voli tvoja mama, ti si smisao svega.*

***Mojim roditeljima** koji su mi pružili svu podršku od početka mog školovanja dugujem najveću zahvalnost.*

Mama, hvala ti na beskrajnoj majčinskoj ljubavi, što si uvek bila puna razumevanja i dala pravi primer kakva mama treba da budem. Uz tvoju pomoć, sve je bilo lakše.

Tata, hvala ti što si me naučio da u svemu vidim dobro i da nikada ne odustajem. Hvala ti što ti nikada nije bilo teško da pomogneš u bilo kojoj situaciji i što si uvek bio tu, za mene.

Ti si mi dao najviše snage da izradu ove teze privedem kraju...

Autor

Uticaj pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa tekućica sa posebnim osvrtom na larve roda *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)

Rezime

Planinske tekućice čine bitnu komponentu rečne mreže i prilično specifične delove toka, koje zbog svoje teške pristupačnosti uglavnom predstavljaju najmanje remećene delove vodotoka. Međutim, različite ljudske aktivnosti, kao što su: vodosnabdevanje, izgradnja kanala, poljoprivreda, itd., remete njihovu homeostazu. Jedan od takvih oblika uticaja na ove osetljive akvatične ekosisteme može se prepisati i pastrmskoj akvakulturi.

Uzimajući u obzir da pastrmski ribnjaci vrše direktan uticaj na brdsko-planinske tekućice, njihovi efekti mogu biti slični mnogim drugim zagađivačima koji organske materije i različite tipove polutanata direktno oslobađaju u recipijente. Pored hemijskog monitoringa koji može ukazati na nastale promene u koncentracijama abiotičkih parametara u vodi i supstratu, korišćenjem organizama sa indikatorskim svojstvima dobija se kompletnija slika o promenama nastalim u vodenom ekosistemu. Od svih grupa vodenih organizama, u biomonitoringu tekućih vodenih ekosistema, najčešće se koriste organizmi makrozoobentosa, jer se njihovom primenom mogu pratiti promene na svim nivoima biološke organizacije, od molekularnog do ekosistemskog.

Za ispitivanje uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, u ovoj disertaciji uključeno je devet tekućica lociranih u brdsko-planinskim područjima Srbije, u okviru pete i sedme limnofaunističke zone slatkovodne faune Evrope. Uzorkovanje je vršeno na ukupno 50 lokaliteta, sedam puta u toku jednogodišnjeg istraživanja. Izbor pastrmskih ribnjaka izvršen je na osnovu njihove produkcije i u odnosu na veličinu recipijenta. Intenzitet uticaja pastrmskih ribnjaka ispitan je preko abiotičke i biotičke komponente vodenog ekosistema.

Kvalitativnom analizom i analizom glavnih komponenti između kontrolnog lokaliteta i lokaliteta neposredno ispod ribnjaka ustanovljene su promena sledećih abiotičkih parametara: nagomilavanje mulja u podlozi, porast koncentracije jonizovanog

amonijaka i njegove nejonizovane frakcije, pad koncentracije rastvorenog kiseonika, porast vrednosti pH, kao i blagi porast koncentracije ortofofata i ukupnog fosfora. Takođe, kao efikasna mera za procenu uticaja pastrmskog ribnjaka na recipijent pokazao se odnos produkcije ribe u tonama prema protoku vode reke u sušnom delu godine (P_r/Q_{\min}).

Kako bi se analizirao uticaj pastrmskih ribnjaka na organizme makrozoobentosa, obavljeno je istraživanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava ovih zajednica. Pri tome, identifikovano je ukupno 368 taksona, sa dominantnim udelom akvatičnih insekata. U svim tekućicama, larve hironomida dominirale su u uzorcima makrozobentosa, zatim larve trihoptera, vodenih cvetova i plekoptera. Zabeleženo je sedam novih vrsta vodenih insekata za faunu Srbije: tri iz reda Ephemeroptera - *Rhythrogena cf. hercynia* Landa, 1969, *R. cf. savoienensis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987 i *R. cf. braaschi* Jacob, 1974; jedna iz familije Chironomidae - *Symbiocladius rhithrogenae* (Zarvel, 1924); dve iz reda Trichoptera - *Ithytrichia lamellaris* Eaton, 1873 i *Ecclisopteryx cf. keroveci* Previšić, Graf & Vitecek, 2014; kao i jedna iz reda Hymenoptera sa vrstom *Agriotypus armatus* Curtis, 1832.

Za utvrđivanje efekata pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa upotrebljeno je 46 biotičkih parametara. Kvalitativnom analizom, kao i analizom glavnih komponenti između kontrolnog lokaliteta i lokaliteta neposredno ispod ribnjaka, ustanovljeno je da su indeksi koji uključuju brojnost organizama: FBI indeks, indeks saprobnosti po Zelinki i Marvanu i MASPTar indeks, najosetljiviji na uticaje ispusnih voda sa pastrmskih ribnjaka. Osetljivost su pokazali i trofički indeksi, kroz statistički značajan porast u zastupljenosti sakupljača, sakupljača žetelaca i pada sekača. Analizom ko-inercije potvrđeno je da abiotički faktori koji su pokazali najveću osetljivost na efekte ribnjaka istovremeno imaju i najveći uticaj na promene u sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa nizvodno od ribnjaka.

Po prvi put, na larvama vodenih insekata ispitana su i funkcionalna indikatroska svojstva vrste *Dinocras megacephala* (Insecta, Plecoptera), korišćenjem enzima antioksidativnog stresa kao biomarkera. Pod uticajem pastrmskog ribnjaka na reci Raškoj praćena su dva glavna enzima antioksidativne odbrane, superoskid dismutaza (SOD) i katalaza (CAT). Konstatovano je da organsko zagađenje poreklom sa ribnjaka

evidentno indukuje oksidativni stres kod larvi *D. megacephala* usled značajnog porasta aktivnosti oba enzima na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka.

Poseban aspekt istraživanja ove doktorske disertacije uključio je morfološko-molekularnu analizu larvi roda *Baetis* (Insecta, Ephemeroptera). U devet istraživanih tekućica morfološkim analizama, praćenjem 13 merističkih karaktera, ustanovljeno je prisustvo sedam vrsta, u okviru tri podroda: *Baetis (Baetis) alpinus* (Pictet, 1843), *Baetis (Baetis) melanonyx* (Pictet, 1843), *Baetis (Baetis) scambus* Eaton, 1870, *Baetis (Baetis) lutheri* Müller-Liebenau 1967, *Baetis (Baetis) vernus* Curtis, 1834, *Baetis (Nigrobaetis) muticus* (Linnaeus, 1758) i *Baetis (Rhodobaetis) rhodani* (Pictet, 1843). Za svaku vrstu izrađen je deskriptivni ključ za identifikaciju. Molekularna analiza podrazumevala je umnožavanje barkoding regiona mitohondrijalne DNK ekstrahovane iz larvi i poređenje sa referentnim sekvencama iz svetskih baza podataka. Potvrđen je status vrsta: *B. alpinus*, *B. melanonyx*, *B. scambus*, *B. lutheri* i *B. vernus*.

Brdsko-planinske tekućice mogu podržati genetički izolovane vrste, doprinoseći celopkupnom biodiverzitetu regiona. Izvorišni delovi ovih vodenih ekosistema predstavljaju refugijume za mnoge vrste, naročito insekte koji su jednim delom životnog ciklusa vezani za njih. Pastrmski ribnjaci locirani uz gornje tokove tekućica, ispuštajući u njih nutrijente, predstavljaju potencijalnu opasnost za remećenje prirodnih staništa ovih indikatorskih grupa. Mere zaštite osetljivih staništa podrazumevale bi čitav niz različitih aktivnosti, od pravilnih procena kapaciteta za dati recipijent do tehničko-tehnoloških rešenja u proizvodnji ribe, a čitav proces morao bi biti praćen konstantnim monitoringom životne sredine.

Ključne reči: pastrmski ribnjaci, makrozoobentos, organsko zagađenje, biomonitoring, bioindikator, biotički indeksi, antioksidativna zaštita, Ephemeroptera, *Baetis*

Naučna oblast: Biologija

Uža naučna oblast: Morfologija, sistematika i filogenija životinja

UDK: 502.175:[574587:[591.342:595.734]](043.3)

Influence of trout farms on macrozoobentos communities with special emphasis on larvae of the genus *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)

Abstract

Mountain streams are an important component of the river network that due to their heavy accessibility are generally the least disturbed parts of a watercourse. However, their homeostasis is upset by various human activities such as diversion for water supply purposes, canal building, irrigation, etc. Trout aquaculture can be cited as one form of such influence on these sensitive aquatic ecosystems.

Trout farms exert direct influence on highland streams and their effects resemble those of many other polluters that release organic substances and various types of pollutants directly into the recipient waters. A more complete picture of changes arising in an aquatic ecosystem can be obtained by using organisms with indicatory properties in conjunction with chemical monitoring, which clearly indicates changes in the values of abiotic parameters. Of all groups of aquatic organisms, macrozoobenthic organisms are most often used in biomonitoring of the ecosystems of streams because it is possible with them to follow changes on all levels of biological organization, from the molecular level to that of the ecosystem as a whole.

In order to investigate the influence of trout farms on macrozoobenthos communities, in this dissertation nine streams were monitored in highland regions of Serbia within the fifth and seventh limnofaunistic zones of the freshwater fauna of Europe. Sampling was conducted at a total of 50 localities over the course of a one-year period. The choice of trout farms was based on the volume of their production and size of the recipient stream. The intensity of influence of trout farms was investigated by monitoring abiotic and biotic components of the aquatic ecosystem.

Qualitative analysis and principal component analysis of the difference between the control locality and localities directly below the trout farm revealed the following changes of several abiotic parameters, viz., accumulation of sludge in the substrate, increase in the concentration of ionized ammonia and its nonionized fraction, decrease

in the concentration of dissolved oxygen, increase of pH, and slight increase in the concentration of orthophosphate and total phosphorus. The ratio of fish production in tons to the discharge of water in the dry season of the year (P_f/Q_{\min}) also proved to be an effective measure in estimating the influence of trout farms on the recipient stream.

In analyzing the influence of trout farms on macrozoobenthic organisms, the qualitative and quantitative composition of their communities was established in the course of the research. A total of 368 taxa were identified, with dominance of aquatic insects. In all of the streams, chironomid larvae were dominant in samples of the macrozoobenthos, followed by trichopteran larvae, mayflies and plecopterans. Seven species of aquatic insects new for the fauna of Serbia were recorded: three from the order Ephemeroptera, viz., *Rhythrogena cf. hercynia* Landa, 1969, *R. cf. savoiensis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987 and *R. cf. braaschi* Jacob, 1974; one from the family Chironomida, viz., *Symbiocladius rihrogenae* (Zarvel, 1924); two from the order Trichoptera, viz., *Ithytrichia lamellaris* Eaton, 1973 and *Ecclisopteryx cf. keroveci* Previšić, Graf & Vitacek, 2014; and one from the order Hymenoptera, viz., *Agriotypus armatus* Curtis, 1832.

Forty-six biotic parameters were monitored in order to establish the effects of trout farms on macrozoobenthos communities. Qualitative analysis and principal component analysis of the difference between the control locality and localities directly below the fish farms showed that indices incorporating organism abundance (the FBI index, Zelinka & Marvan saprobity index and MASPTar index) are most sensitive to the influence of discharged water from trout farms. Trophic indices also manifested sensitivity through a statistically significant increase in the representation of collectors and collector/gatherers and decrease in the representation of shredders. Coinertia analysis showed that the abiotic factors most sensitive to the effects of fish farms at the same time also exerted the strongest influence on changes in the composition and structure of macrozoobenthos communities downstream from the fish farm.

Enzymes of antioxidative stress are for the first time used as biomarkers to test indicatory functional properties on larvae of an aquatic insect species, *Dinocras megcephala* (Insecta, Plecoptera). The two main enzymes of antioxidative defence, superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), were monitored in testing the influence of a trout farm located on the Raška River. It was established that organic

pollution originating from the trout farm evidently induces oxidative stress in larvae of *D. megcephala* due to significant increase in the activity of both enzymes at localities downstream from the farm.

A special aspect of the research of this doctoral dissertation was morphological-molecular analysis of larvae of the genus *Baetis* (Insecta, Ephemeroptera). In the nine investigated streams, monitoring of 13 meristic characters in morphological analyses revealed the presence of seven species from three subgenera: *Baetis (Baetis) alpinus* (Pictet, 1843), *Baetis (Baetis) melanonyx* (Pictet, 1843), *Baetis (Baetis) scambus* Eaton, 1870), *Baetis (Baetis) lutheri* Müller-Liebenau, 1967, *Beatis (Baetis) vernus* Curtis, 1834, *Baetis (Nigrobaetis) muticus* (Linnaeus, 1758) and *Baetis (Rhodobaetis) rhodani* (Pictet, 1843). A descriptive key is formulated for identification of each species. Molecular analysis involved enlargement of the barcoding region of mitochondrial DNA extracted from the larvae and comparison with reference sequences from world databases. The status of the following species was confirmed: *B. alpinus*, *B. melanonyx*, *B. scambus*, *B. lutheri* and *B. vernus*.

Highland streams can support genetically isolated species, thereby enhancing overall biodiversity of a region. The source sectors of these aquatic ecosystems represent refugia for many species, especially insects that spend one part of their life cycles in them. Trout farms built on the upper reaches of highland streams represent a potential danger by disturbing the natural habitats of such indicator groups. Measures aimed at protecting these sensitive habitats should include a whole series of different activities, from correct estimation of the recipient stream's capacity to the development of acceptable technical-technological solutions to problems of fish production, the whole process being accompanied by mandatory constant monitoring of the environment.

Keywords: trout farms, macrozoobenthos, organic pollution, biomonitoring, bioindicators, biotic indices, antioxidative defense, Ephemeroptera, *Baetis*

Academic Expertise: Biology

Field of Academic Expertise: Morphology, systematics and phylogeny of animals

UDK: 502.175:[574587:[591.342:595.734]](043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Biološki monitoring kopnenih voda i organizmi makrozoobentosa.....	2
1.2. Biološki monitoring na nivou biomarkera (enzimi antioksidativnog stresa) .	5
1.3. Uticaji pastrmskih ribnjaka na recipijente	7
1.4. Red Ephemeroptera Hyatt & Arms, 1891	11
1.4.1. Familija Baetidae, rod <i>Baetis</i> Leach, 1815.....	15
1.4.1.1. Diverzifikacija roda <i>Baetis</i>	15
1.4.1.2. Opšte odlike adulta i larvi roda <i>Baetis</i>	18
1.4.2. Kriptička specijacija i primena molekularnih metoda u taksonomskoj karakterizaciji vrsta u okviru roda <i>Baetis</i>	21
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	23
3. MATERIJAL I METODE	24
3.1. Opšte karakteristike istraživanih područja sa opisom lokaliteta i ribnjaka ..	24
3.1.1. Reka Raška	26
3.1.2. Reka Rasina	28
3.1.3. Radovanska reka.....	31
3.1.4. Reka Vrla.....	33
3.1.5. Reka Crnica	35
3.1.6. Reka Trešnjica	38
3.1.7. Reka Studenica	40
3.1.8. Reka Rača	43
3.1.9. Reka Mlava.....	45
3.2. Analize fizičkih i hemijskih parametara	47
3.2.1. Metode za određivanje fizičkih parametara.....	47
3.2.2. Metode za hemijsku analizu vode	49
3.3. Biološke analize.....	50
3.3.1. Prikupljanje uzoraka makrozoobentosa.....	51
3.3.2. Identifikacija organizama makrozoobentosa	51
3.4. Ekološke analize	52
3.4.1. Indeksi diverziteta.....	52

3.4.2. Indeks dominantnosti.....	53
3.4.3. Biotički indeksi.....	54
3.4.4. EPT zasnovani indeksi.....	56
3.4.5. Trofički indeksi – funkcionalne trofičke gilde.....	57
3.4.6. Indeks saprobnosti.....	57
3.3.7. RIZI indeks.....	58
3.4.8. Korišćenje biomarkera u biomonitoringu – enzimi antioksidativnog stresa.....	60
3.5. Taksonomska analiza vrsta roda <i>Baetis</i>	62
3.5.1 Morfološka analiza larvi roda <i>Baetis</i>	62
3.5.2. Molekulana (analiza) identifikacija vrsta roda <i>Baetis</i>	64
3.5.2.1 Ekstrakcija DNK iz insekata.....	65
3.5.2.2. PCR amplifikacija barkoding regiona mitohondrijalne DNK i sekvenciranje.....	65
3.6. Statističke analize podataka.....	69
4. REZULTATI	71
4.1. Faunistički prikaz zajednica makrozoobentosa na lokalitetima istraživanih tekućica.....	71
4.1.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Raške.....	72
4.1.2. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Rasine.....	79
4.1.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa Radovanske reke.....	88
4.1.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Vrle.....	96
4.1.5. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Crnice.....	102
4.1.6. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Trešnjice.....	111
4.1.7. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Studenice.....	116

4.1.8.	Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Rače.....	125
4.1.9.	Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Mlave.....	132
4.1.10.	Novi taksoni za entomofaunu Srbije	140
4.1.10.1.	Asocijacija lavri vrste <i>Silo pallipes</i> Fabricius, 1781 (Trichoptera: Goeridae) i parazitoida <i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832 (Hymenoptera: Ichneumonidae: Agriotypinae): prvi nalaz za Balkansko poluostrvo.....	140
4.1.10.2.	<i>Ithytrichia</i> Eaton, 1873 (Hydroptilidae: Trichoptera): novi rod za entomofaunu Srbije	145
4.2.	Analiza intenziteta uticaja pastrmskih ribnjaka na recipijent.....	146
4.3.	Rezultati fizičkih i hemijskih analiza	149
4.3.1.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Crnice	149
4.3.2.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Mlave.....	155
4.3.3.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka Rače.....	159
4.3.4.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Radovanske reke.....	163
4.3.5.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Rasine	168
4.3.6.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Raške	171
4.3.7.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Studenice	174
4.3.8.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Trešnjice	178
4.3.9.	Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Vrle	181

4.4. Uporedna analiza vrednosti abiotičkih faktora i inteziteta uticaja ribnjaka na njih	186
4.5. Rezultati ekološke analize	190
4.5.1. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Raške.....	191
4.5.2. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Rasine.....	195
4.5.3. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka Radovanske reke	199
4.5.4. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Vrle	203
4.5.5. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Crnice	208
4.5.6. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Trešnjice.....	213
4.5.7. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Studenice.....	217
4.5.8. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Rače.....	221
4.5.9. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Mlave	226
4.5.10. Uporedna analiza vrednosti biotičkih parametara i intenziteta uticaja ribnjaka na njih	230
4.6. Uticaj pastrmskih ribnjaka na antioksidativnu odbranu larvi <i>Dinocras megacephala</i> Klapalek, 1907 (Plecoptera: Perlidae)	240
4.7. Taksonomska analiza larvi roda <i>Baetis</i> Leach, 1815	245
4.7.1. Morfološka analiza larvi roda <i>Baetis</i>	245
4.7.1.1. <i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843).....	246
4.7.1.2. <i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	251
4.7.1.3. <i>Baetis (Baetis) scambus</i> Eaton, 1870	255
4.7.1.4. <i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967.....	259
4.7.1.5. <i>Baetis (Baetis) vernus</i> Curtis, 1834	264

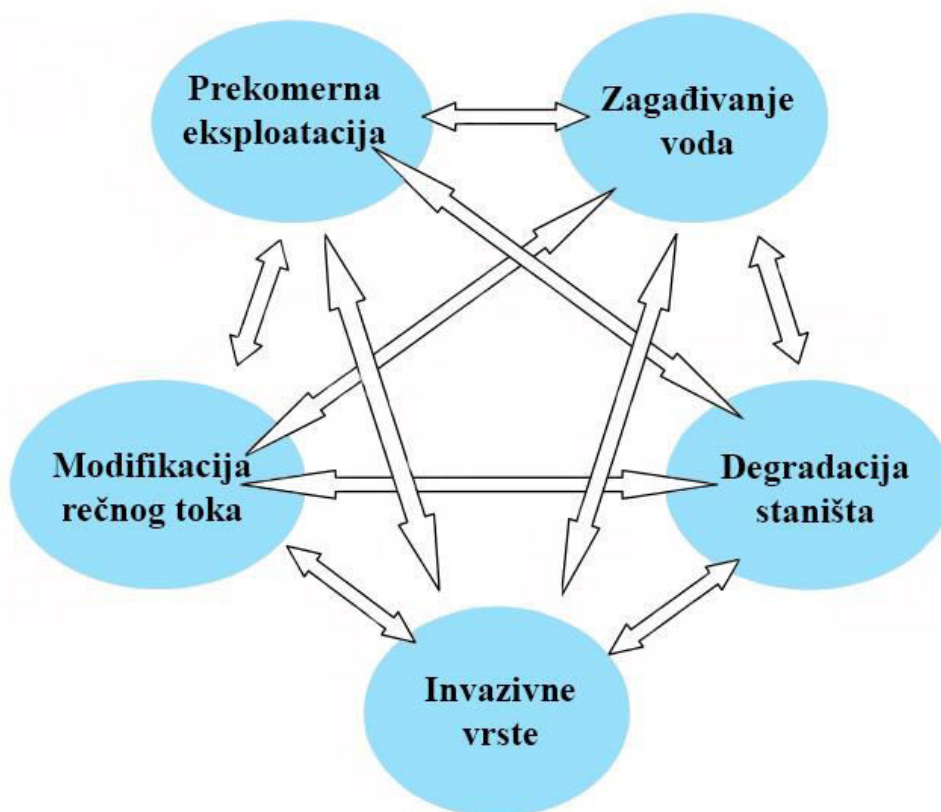
4.7.1.6. <i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758).....	268
4.7.1.7. <i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	272
4.7.2. Molekularna analiza larvi roda <i>Baetis</i>	276
5. DISKUSIJA	282
5.1. Raznovrsnost zajednica makrozoobentosa istraživanih tekućica	282
5.2. Uticaj pastrmskih ribnjaka na fizičke i hemijske parametre vode i zajednice makrozoobentosa	287
5.2.1. Uticaj ribnjaka na abiotičku komponentu ekosistema.....	288
5.2.2. Uticaj ribnjaka na biotičku komponentu ekosistema	291
5.3. Fiziološki odgovor larvi <i>Dinocras megacephala</i> (Plecoptera) na zagađenje iz ribnjaka.....	297
5.4. Sistematski položaj i diverzifikacija roda <i>Baetis</i> Leach, 1815	300
5.4.1. Podrod <i>Baetis</i> Leach, 1815: <i>Baetis alpinus</i> grupa.....	305
5.4.2. Podrod <i>Baetis</i> Leach, 1815: <i>Baetis fuscatus</i> grupa	307
5.4.3. Podrod <i>Baetis</i> Leach, 1815: <i>Baetis lutheri</i> grupa	308
5.4.4. Podrod <i>Baetis</i> Leach, 1815: <i>Baetis vernus</i> grupa.....	310
5.4.5. Podrod <i>Nigrobaetis</i> Novikova & Kluge, 1987: <i>Baetis gracilis</i> , <i>Baetis muticus</i> i <i>Baetis niger</i> grupa (subgrupa) vrsta (Müller–Liebenau, 1974 i Jacob, 2003).....	311
5.4.6. Podrod <i>Rhodobaetis</i> Jacob, 2003: <i>Baetis rhodani</i> grupa vrsta....	312
6. ZAKLJUČCI	315
7. LITERATURA	320
PRILOG 1. Srednji mesečni vodostaji uzorkovanih tekućica.....	353
PRILOG 2. Fotografije lokaliteta sa uzorkovanih tekućica	354
PRILOG 3. Uzorkovanje organizama makrozoobentosa i upotrebljena oprema.....	362
PRILOG 4. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.....	363
BIOGRAFIJA AUTORA	375

1. UVOD

Ukoliko bi u nekoliko reči trebalo opisati površinu Zemlje, verovatno bi najjednostavniji način bila upotreba samo dva pojma: voda i kopno. Ovakav jednostavan opis ukazuje na jednu od osnovnih osobina naše planete bez koje život kakav poznajemo ne bi bio moguć, a to je prisustvo vode. Čak oko 71% površine planete prekriveno je vodenim omotačem, sa prosečnom dubinom od 3800 m (Wetzel, 1983). U okeanima se nalazi 97% vode, dok preostalih 3% čine slatke vode, od kojih je najveći deo „zarobljen“ u vidu snega ili leda (Spellman, 2008). Slatka voda čini samo 0,01% ukupne vode na Zemlji, tj. zauzima oko 0,8% njene površine, a ta mala frakcija vode podržava najmanje 100.000 opisanih vrsta (Dudgeon *et al.*, 2006). Međutim, nedovoljna istraženost određenih grupa vodenih organizama može nas navesti da postavimo pitanje koliki je stvaran broj slatkovodnih vrsta na Zemlji? Jasne procene o stvarnom broju taksona slatkovodnih ekosistema daje nam dragocenu sliku o raznolikosti živog sveta u njima i bude svest o potrebi njihove zaštite usled velikog antropogenog pritiska kojima su izloženi.

I pored toga što se nove vrste konstantno opisuju, u slatkovodnim ekosistemima zabeležen je značajan pad biodiverziteta kao posledica konstantnog pritiska snažne industrijalizacije i urbanizacije savremenog doba, čime su postali jedni od najugroženijih ekosistema na Zemlji (Sala *et al.*, 2000). Faktori koji su doveli do globalnog pada biodiverziteta u slatkovodnim ekosistemima mogu se podeliti u pet kategorija: prekomerna eksploatacija, zagađenje voda, modifikacija rečnog toka, degradacija staništa, prisustvo invazivnih vrsta (Dudgeon *et al.*, 2006). Ovi faktori, najčešće u međusobnoj interakciji (Slika 1) i zajedno sa promenama u sredini u vidu taloženja azotnih jedinjenja i promenom klime, sveobuhvatno su uticali na narušavanje biodiverziteta slatkovodnih ekosistema.

Kako bi si ovakav trend zaustavio, formirane su direktive o zaštiti voda: *Clean Water Act* (CWA, 1977) u Americi i *Water Frame Directive* (WFD; 2000) u Evropi, koje imaju za cilj da kod ljudi probude svest o pravilnom iskorišćavanju vodenih resursa i pobrinu se da se zadrži dobar status akvatičnih ekosistema. Svakako, preduslov za preuzimanje zaštite akvatičnih ekosistema jeste procena njihovog ekološkog statusa, prvenstveno kroz studije monitoriga.



Slika 1. Faktori koji su doveli do globalnog pada biodiverziteta u slatkovodnim ekosistemima (preuzeto iz Dudgeon *et al.*, 2006).

1.1. Biološki monitoring kopnenih voda i organizmi makrozoobentosa

Vodeni ekosistemi su svakodnevno izloženi različitim tipovima zagađenja koji utiču na sastav i strukturu zajednica akvatičnih organizama. Bilo da se radi o organskom tipu zagađenja, zagađenju toksičnim supstancama ili npr. termalnom zagađenju, mnogi akvatični organizmi će se prilagoditi na ovakav vid promena jer imaju niz fizioloških i morfoloških adaptacija (Hellowell, 2012). Međutim, usled nedostatka ovakvih mehanizama kojima bi mogli odgovoriti na novonastale promene u okruženju, senzitivne grupe organizama, poznate i kao ekološki indikatori (Niemi & McDonald, 2004), vremenom napuštaju svoja staništa. Ekološki indikatori se primarno koriste za procenu stanja životne sredine (npr. kao rani upozoravajući signal) ili za dijagnostifikovanje uzroka koji su doveli do promena u ekosistemu (Dale & Beyeler, 2001). Indikatorski organizmi mogu biti u različitoj meri osetljivi na stres u životnoj

sredini. Njihov odgovor može se razlikovati od promena u njihovoj fiziologiji, ponašanju i morfologiji, do promena u stopama preživljavanja i mortalitetu (Pander & Geist, 2013). Na osnovu ovakvih odgovora indikatora, može se izvesti zaključak o ekološkom integritetu ekosistema ili uticajima potencijalnih stresora (Knoben *et al.*, 1995; Dziocik *et al.*, 2006).

Korišćenje vodenih organizama u cilju određivanja kvaliteta vode na evropskom kontinentu datira još s početka 19. veka (Bain *et al.*, 2000). Početkom 20. veka, kroz studiju Kolkwitz-a & Marsson-a (1909), uvodi se pojam saprobiologije kao sistema za praćenje promena akvatičnih zajednica pod uticajem organskog zagađenja. Indeksi saprobnosti postaju veoma široko korišćeni i neizostavni deo zakonske regulative u oblasti biomonitoringa, ali su zbog niza nedostataka, danas sve manje u upotrebi. Otuda, studije biomonitoringa koriste i druge indekse, kao što su indeksi diverziteta i sličnosti, kao i razni tipovi biotičkih indeksa zasnovani na kvalitativnom i/ili kvantitativnom sastavu zajednica. U današnje vreme, sve češće su u upotrebi tzv. multimetrijski indeksi (Verdonschot & Moog, 2006) koji objedinjuju indekse diverzita i/ili sličnosti i biotičke indekse, kao što su indeks biotičkog integriteta (Karr, 1981), indeks acidifikacije (Johnson, 1998), geotermalni indeks (Clements *et al.*, 2011), i tzv. multivarijantni indeksi, npr. *River Invertebrate Prediction and Classification macroinvertebrata* – RIVPACS (Wright *et al.*, 2000).

Svi pomenuti indeksi koji se primenjuju, bilo indeksi diverziteta (sa bogatstvom vrsta i ujednačenošću broja vrsta kao svojim komponentama), indeksi sličnosti, biotički indeksi, predstavljaju strukturne attribute biomonitoringa koji suštinski imaju najširu primenu, jer se lako mogu vizualizovati (Bain *et al.*, 2000). Pored strukturnih atributa, primenjuju se i funkcionalni atributi kao mere ekosistemskih procesa, u koje se ubrajaju npr. primarna produkcija, procesi respiracije, biomasa organizama, kruženje elemenata, ali i osobine životnih istorija organizama, kao što su funkcionalne gilde u ishrani (Merritt & Cummins, 1996). Primenom strukturnih i funkcionalnih indikatora objedinjeno, može se dobiti kompletna slika o stanju akvatičnog ekosistema (Palmer & Febria, 2012).

Bitno je napomenuti da, bez obzira na koji način se vrši biološki monitoring (što zavisi i od samog istraživanja), neophodno je izvršiti poređenje između kontrolnih (referentnih) lokaliteta i lokaliteta koji su pod uticajem nekog činioca, kako bi se

izvršila procena ekološkog statusa vodenog ekosistema. Generalno gledano, čitava ideja monitoringa akvatičnih ekosistema zasniva se na praćenju stanja životne sredine posmatrajući biotičku i abiotičku komponentu ekosistema. Pored odabira organizama koji oslikavaju biotičku komponentu monitoringa, neophodno je izvršiti i analizu fizičkih i hemijskih parametara vode.

Od svih organizama koje se koriste u biomonitoringu (npr. bakterije, protozoe, alge, makrofite, ribe), nijedna grupa nije našla toliko široku primenu kao akvatični beskičmenjaci (Hellowell, 2012; Bonada *et al.*, 2006; Carter *et al.*, 2006). Tokom svoje evolucije, većina je razvila čitav niz adaptacija koje im omogućavaju život na dnu vodenih staništa, pa se takvi beskičmenjaci tretiraju i kao organizmi bentosa. U zavisnosti od veličine tela razlikujemo mikrozoobentos (nanobentos) čija je veličina tela $< 62 \mu\text{m}$ u rekama i potocima, odnosno $< 42 \mu\text{m}$ u morima, meiobentos (mejobentos, mezobentos) sa dimenzijama tela manjim od 0,5 mm i makrozoobentos (makroinvertebrate) sa dimenzijama većim od 500 μm (Cummins, 1992). Diverzitet poslednje grupe je naročito veliki u brdsko-planinskim tekućicama (Hynes, 1970; Živić, 2005), gde grade najstabilniju i najraznovrsniju komponentu akvatičnih zajednica, sa nekoliko stotina vrsta iz mnogih filuma, kao što su: Arthropoda (uglavnom insekti), Mollusca, Annelida, Nematoda i Platyhelminthes (Turbellaria) (Hose *et al.*, 2004). Resh & Jackson (1993) navode čitav niz prednosti za korišćenje organizama makrozoobentosa u biološkom monitoringu:

- veliki broj vrsta organizama makrozoobentosa nudi čitav spektar odgovora na stres u životnoj sredini;
- zbog svoje vezanosti za dno i dugog životnog ciklusa, omogućavaju i prostornu i vremensku analizu promena u njihovom staništu;
- kvalitativne metode za sakupljanje ovih organizama su jednostavne, mogu se vršiti opremom koja nije skupa;
- taksonomija većine grupa je dobro poznata, sa velikim brojem dostupnih ključeva za determinaciju;
- definisan je veliki broj standardizovanih metoda za analizu zajednica makrozoobentosa;
- definisan je odgovor mnogih vrsta na različite tipove zagađenja;
- pogodni su za korišćenje u mnogim eksperimentalnim studijama;

- odgovori na promene koje su nastale u životnoj sredini mogu se analizirati i na biohemijskom i fiziološkom nivou kod pojedinačnih organizama.

Ogranizmi makrozoobentosa se koriste za ispitivanje uticaja antropogenog stresa na akvatične ekosisteme na različitim nivoima biološke organizacije, od molekularnog do ekosistemskog (Resh & Jackson, 1993). Najčešće, efekti zagađenja koji se dešavaju u prirodnim uslovima analiziraju se na nivou populacija ili zajednica, uz praćenje strukturnih ili funkcionalnih atributa. Najširu upotrebu našli su različiti tipovi biotičkih indeksa koji imaju jednostavnu primenu, jer nije potrebno izvršiti detaljnu determinaciju organizama do nivoa vrste, a u većini slučajeva daju dobre rezultate u smislu primarnog skrininga stanja životne sredine.

Delom zbog velikog diverziteta i široke rasprostranjenosti, a delom i zbog toga što unutar zajednica tekućica igraju značajnu ulogu u mrežama ishrane, kao karika koja povezuje organsku materiju u raspadanju, tj. detritusa sa jedne i ribe sa druge strane, studije zajednica makrozoobentosa bile su i ostale centralni deo ekologije tekućica (Hynes, 1970; Cummins, 1974; Allan, 1995; Hauer *et al.*, 2000; Boyero & Bailey, 2001; Lamouroux *et al.*, 2004).

1.2. Biološki monitoring na nivou biomarkera (enzimi antioksidativnog stresa)

Akvatična sredina je svakodnevno izložena različitim tipovima polutanata, koji vode poreklo iz industrijskih postrojenja ili dospevaju u nju sa obradivih površina u procesu intenzivne poljoprivrede. Teški metali, azotna i fosforna jedinjenja, pesticidi, fenolna jedinjenja, kao i mnogi drugi ksenobiotici, u većoj ili manjoj meri, dovode do remećenja homeostaze akvatičnih organizama. Na molekularnom nivou, to se može ispoljiti kroz oksidativni stres hidrobionata, gde oslobađanjem reaktivnih vrsta kiseonika (npr. slobodnih radikala) dolazi do oštećenja komponenti ćelija i tkiva organizama. Oksidativni stres se može definisati kao posebno stanje disbalansa u organizmu, kada slobodni radikali (prooksidansi) nadvladaju mehanizme antioksidativne zaštite (Halliwell, 2007). Napomenuta neravnoteža (disbalans) na

ćelijskom nivou vodi ka destabilizaciji membrane lizozoma, peroksidaciji lipida i oštećenju DNK molekula (Ahmad *et al.*, 2011).

Insekti i drugi eukariotski organizmi imaju razvijene komponente antioksidativnog sistema, koje imaju ulogu u zaštiti ćelija od neželjenog dejstva kiseoničnih radikala. Antioksidativna zaštita akvatičnih makroinvertebrata (uključujući i akvatične insekte) podrazumeva postojanje enzimatskih i neenzimatskih antioksidativnih mehanizama koji vrše primarnu ulogu zaštite organizama od oksidativnog oštećenja (Morales *et al.*, 2014). Nivo antioksidativnih enzima može biti pouzdan indikator antioksidativnog statusa kod organizama, pa samim tim i biomarker oksidativnog stresa (Valavanidis *et al.*, 2006). Molekularni biomarkeri, kao što su antioksidativni enzimi, veoma su bitni za utvrđivanje prisustva zagađivača i promena sredinskih faktora (kiseonika, pH, temperature) kod akvatičnih organizama (Livingstone *et al.*, 1994; Sanz *et al.*, 2010), pa imaju široku primenu u ekotoksikologiji akvatičnih organizama izloženih različitim zagađivačima (Livingstone, 2001; 2003).

Smanjena koncentracija rastvorenog kiseonika jedan je od najznačajnijih stresora koji menja sredinske uslove i uzrokuje neposrednu reakciju organizama – aklimatizaciju, a u dužem periodu – adaptaciju. Dodatno prisustvo ksenobiotika, kao što je npr. amonijak, njihov unos i metabolizam, mogu da imaju prooksidativni efekat, čak i kada nema značajnijeg vida zagađenja (Ahmad *et al.*, 2000). U vezi sa tim, analiziranje aktivnosti antioksidativnih enzima u uslovima hroničnog stresa može da odredi antioksidativni status organizma i predstavlja odličan biomarker jačine oksidativnog stresa (Kohen & Nyska, 2002).

Supeoksid dismutaza (SOD) i katalaza (CAT) čine dva glavna enzima antioksidativne odbrane i imaju ključnu ulogu u suzbijanju efekta prooksidanasa. Superoksid dismutaze (SOD) su enzimi prve linije odbrane od slobodnih radikala. Funkcionišu tako što negativno naelektrisane kiseonikove molekule (superoksid radikale) konvertuju u vodonik peroksid, štiteći ćelijske membrane od oštećenja prouzrokovanog ovim toksičnim anjonom. Drugu liniju odbrane zatim preuzima katalaza (CAT), koja vrši eliminaciju vodonik peroksida. Ovaj enzim deluje na dva načina u zavisnosti od supstrata. Kada su dva molekula vodonik peroksida supstrat, onda deluje kao katalaza, a ako su jedan molekul vodonik peroksida i molekul alkohola, supstrat deluje kao peroksidaza. Generalno, insekti imaju visoku aktivnost katalaze.

Analiza antioksidativnog stresa kod hidrobionata svakako predstavlja izazov za studije biomonitoringa, koji na taj način poprima novu dimenziju fiziološkog (funkcionalnog) vida monitoringa, na molekularnom nivou. Iako je primena biomarkera u biomonitoringu tek u začetku, potencijal i značaj ovakvih istraživanja je ogroman, s obzirom da otvara mogućnost predviđanja efekta zagađenja na nivou populacije kroz odgovor pojedinačnih jedinki na stres. Ovaj odgovor predstavlja prvu liniju odbrane organizma od polutanata prisutnih u životnoj sredini. Određivanjem enzima antioksidativnog stresa kod akvatičnih organizama dobija se informacija o potencijalnom prisustvu određenih stresora u akvatičnoj sredini, čak i kada su njihove koncentracije niske ili na granici detekcije (Livingstone, 1993). Shodno tome, korišćenjem biomarkera u monitoringu akvatičnih ekosistema mogu se dobiti rani signali o promenama nastalim u životnoj sredini, kao i mogućnost da se shvate molekularni mehanizmi dejstva zagađivača.

1.3. Uticaji pastrmskih ribnjaka na recipijente

Planinske tekućice, iako male po veličini, predstavljaju bitnu komponentu čitave rečne mreže (Estevez *et al.*, 2017). Najčešće čine vodotokove prvog i drugog reda (Horton, 1945; Strahler, 1952; 1957; Shreve, 1967). Odlikuje ih specifičan tip staništa karakterističan za gornje tokove reka, sa kamenitom podlogom kao dominantnim tipom supstrata, visokim sadržajem rastvorenog kiseonika i uglavnom niskim temperaturama vode. Ovakvim uslovima prilagodile su se najrazličitije grupe makroinvertebrata (Finn *et al.*, 2011), od kojih su neke svojstvene samo za određene tekućice koje su takva staništa usvojila kao svoje refugijume. Zbog toga što najčešće predstavljaju prilično geografski izolovane delove toka, mogu podržavati genetički izolovane vrste, doprinoseći celokupnom biodiverzitetu (Gomi *et al.*, 2002). Takođe, planinske tekućice primaju znatnu količinu organske materije poreklom od terestrične sredine koja ih okružuje (Rosemond *et al.*, 2015), na osnovu čega im se pripisuje značajna uloga u regulaciji nutrijenata i njihovom transportu nizvodno (Peterson *et al.*, 2001).

Iako se može smatrati da, pre svega zbog svoje nepristupačnosti, predstavljaju najmanje remećene delove vodotoka, različite ljudske aktivnosti, kao što su:

vodosnabdevanje, izgradnja kanala, poljoprivreda itd., remete njihovu homeostazu. Jedan od takvih vidova uticaja na ove osetljive akvatične ekosisteme može se pripisati i pastrmskoj akvakulturi.

Pastrmski ribnjaci se grade u brdsko-planinskim područjima, sa dobro razvijenim drenažnim područjem, jer pastrmka, kao tipično hladnovodna vrsta, zahteva uslove sa visokim sadržajem rastvorenog kiseonika i odsustvom štetnih produkata metabolizma (Woynarovich *et al.*, 2011). U zavisnosti od toga na koji način je organizovana proizvodnja, ribnjaci ove plemenite vrste riba mogu biti punosistemni (sa zaokruženom proizvodnjom od ikre do konzumne ribe) ili specijalizovani (gajenje samo konzumne ribe ili jedne uzrasne kategorije mlađi) (Marković & Mitrović-Tutundzić, 2003).

Gajenje pastrmskih vrsta riba usmereno je ka gajenju mlađi „divljih“ vrsta riba u cilju poribljavanja otvorenih hladnovodnih tekućih i stajaćih voda, kao i radi dobijanja konzumnih riba (Marković & Mitrović-Tutundzić, 2003). Tokom poslednje decenije, komercijalno gajenje, naročito kalifornijske pastrmke vrste *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), postalo je ekonomski isplativo, sa tendencijom i kapacitetom da se takav trend i dalje nastavi. Svetska proizvodnja kalifornijske pastrmke raste ekspanzivno u poslednjih 60 godina, posebno u Evropi i odnedavno i u Čileu, pri čemu je 2012. godine dostigla i maksimum od 878.702 t (FAO, 2005-2017). U Srbiji, proizvodnja pastrmke je u stalnom porastu. Procenjuje se da je površina pod pastrmskim ribnjacima na teritoriji naše zemlje oko 14 hektara (Marković & Poleksić, 2011). Poredeći sa šaranskim ribnjacima, koji zauzimaju značajno veću površinu u našoj zemlji, broj pastrmskih ribnjaka je značajno veći, tj 65% od ukupnog broja registrovanih ribnjaka (Marković *et al.*, 2009). Poslednjih godina, u pastrmskim ribnjacima u Srbiji, proizvodilo se 1500 – 2000 t skoro isključivo konzumne kalifornijske pastrmke (i u vrlo retkim slučajevima i potočne pastrmke).

Pored toga što je neophodno izvršiti čitav niz priprema za izgradnju jednog pastrmskog ribnjaka kako bi proizvodnja bila uspešna (Ćirković *et al.*, 2002; Marković & Mitrović-Tutundzić, 2003; Bogut *et al.*, 2006), potrebno je vršiti i konstantan monitoring uticaja ispusnih voda na recipijent. Najčešći uzročnici kontaminacije rečnog toka od strane ovih ribnjaka predstavljaju nepojedena hrana i fekalije (Liao, 1970;

Weston *et al.*, 1996), koji primarno dovode do pogoršanja kvaliteta vode, ali i strukture dna recipijenta.

Preostala hrana koja dospe u vodene tokove može uticati na obogaćivanja vode nutrijentima, naročito fosfatima (Axler *et al.*, 1997). Efekat ovakvog vida zagađenja u smislu eutrofikacije može biti jasno uočljiv u toku sušnih meseci, kada je generalno vodostaj niži i protok manji. Sprečavanje uticaja pastrmskih ribnjaka na vodotokove sa kojih crpu vodu, ogleda se u: ispravnom načinu hranjenja riba, izboru adekvatne hrane sa niskim sadržajem fosfata i naročito izgradnji posebnih taložnika i sistema za prečišćavanje ispusnih voda (Liao 1970; Cripps & Bergheim 2000; Bergheim & Brinker 2003; MacMillan *et al.*, 2003; Naylor *et al.*, 2003; Sindilariu *et al.*, 2008). Međutim, čest je slučaj da se voda iz ispusnih cevi sa pastrmskih ribnjaka, najčešće manjih kapaciteta, bez predhodnog taloženja direktno ispušta u recipijent, što značajno utiče na porast prisustva određenih komponenti u recipijentu, kao što su biološka potrošnja kiseonika (BPK), suspendovane čestice (SS), nutrijenti (uglavnom azotna i fosforna jedinjenja), patogeni i hemijska jedinjenja u vidu lekova (Tello *et al.*, 2010).

Praćenje uticaja pastrmskih ribnjaka na recipijente ima dugu tradiciju, pre svega kroz hemijski monitoring, gde je stavljen akcenat na ispitivanje hemijskog sastava ispusnih voda i samog vodotoka i supstrata nizvodno od ispusta (Bergheim *et al.*, 1984; Foy & Rosell, 1991; Axler *et al.*, 1997; Boaventura *et al.*, 1997; Pulatsu *et al.*, 2004; Bartoli *et al.*, 2007; Noroozrajabi *et al.*, 2013; Koçer & Sevgili, 2014). Navedena istraživanja ukazuju na jasne uticaje ispusnih voda sa pastrmskih ribnjaka i promene koje se manifestuju kroz povećanje koncentracija rastvorljivih i nerastvorljivih fosfata kao i azota, pre svega u obliku amonijaka (jonizovane i nejonizovane frakcije), a manje i ređe u obliku nitrita, kroz smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika i akumulacije suspendovanih čestica na rečnom dnu.

Sve ove promene, na indirektan ili direktan način, utiču i na životne zajednice različitih grupa organizama i to je, kroz biološki monitoring, pokazano u mnogim istraživanjima. Najčešći indikatorski organizmi korišćeni u ovakvim studijama upravo su organizmi makrozoobentosa (Kendra, 1991; Camargo, 1992a; 1992b; Doughty & McPhail, 1995; Adamek & Sukop, 1996; Loch *et al.*, 1996; Selong & Helfrich, 1998; Kirkagaç *et al.*, 2004; 2009; Camargo & Gonzalo, 2007; Roberts *et al.*, 2009; Rooney & Podemski, 2009; Živić *et al.*, 2009a; 2009b; Fabrizi *et al.*, 2010; Camargo *et al.*, 2011;

Hatami *et al.*, 2011; Guilpart *et al.*, 2012; Kopp *et al.*, 2012; Webb, 2012; Imanpour Namin *et al.*, 2013), zatim mikroorganizmi (Carr & Goulder, 1990a; Boaventura *et al.*, 1997; Brown & Goulder, 1999), primarni producenti (Carr & Goulder, 1990b; Brown & Goulder, 1996; Selong & Helfrich, 1998; Daniel *et al.*, 2005) i autohtone vrste riba (Oberdorff & Porcher, 1994; Selong & Helfrich, 1998). Generalno gledano, uticaj pastrmskih ribnjaka se može negativno odraziti na diverzitet posmatranih zajednica, zamenu osetljivih sa manje osetljivim vrstama, kao i na promene trofičke strukture u samim zajednicama.

Istraživanja uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa pokazala su da ovi organizmi mogu biti odlični bioindikator i reagovati na promene koje se dešavaju u njihovoj sredini. U zavisnosti od proizvodnih kapaciteta ribnjaka i veličine samog recipijenta, odgovori zajednica su različiti. Prvi pokazatelj da je došlo do obogaćivanja vodenog toka nutrijentima jeste nestanak ili pad diverziteta osetljivih taksona kao što su larve iz insekatskih redova Plecoptera, Ephemeroptera i Trichoptera (Kendra, 1991; Loch *et al.*, 1996). Suprotno navedenom, zabeležen je porast taksona koji su tolerantni na zagađenje tog tipa, a među njima naročito predstavnika iz klase Oligochaeta i larvi dvokrilaca iz familije Chironomidae (Doughty & McPhail, 1995). Takođe, zabeležen je trend pada diverziteta i bogatstva vrsta zajednica makrozoobentosa na lokalitetima nizvodno od ispusta (Camargo, 1992a; Selong & Helfrich, 1998). Posmatrajući samo funkcionalne karakteristike organizama makrozoobentosa u smislu njihove trofičnosti, na lokalitetima ispod ribnjaka moguće je uočiti dominaciju sakupljača i smanjenje brojnosti ili nestanka detritivora kao što su sekači (Camargo, 1992a). Ovakav funkcionalni aspekt monitoringa, gde nije potrebna detaljna determinacija organizama do nivoa vrste, može nam dati brzo dostupnu informaciju o uticajima pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa.

Dominantnu ulogu u vodnom potencijalu Srbije imaju male, odnosno brdsko-planinske tekućice (Živić, 2005), a zajednice koje u njima dominiraju, sa čak 70% ukupnih životinjskih vrsta jesu zajednice vodenih beskičmenjaka (Illies, 1978). Kao što je napomenuto, ovi delovi rečne mreže, pogotovo izvorišni delovi, predstavljaju refugijume za mnoge vrste, naročito akvatične insekte. Među njima, sigurno je da i u Srbiji postoje kriptičke vrste, tj. taksoni koji tek treba da budu otkriveni i opisani (videti potpoglavlje 4.7.2). Potencijalna opasnost za ove vrste, koje su u većini slučajeva

osetljive indikatorske vrste (ekološki indikatori), jesu pastrmski ribnjaci, naročito ako se njima ne upravlja na pravi način. Broj pastrmskih ribnjaka u Srbiji se tačno ne zna, a procenjuje se da ih je oko 130 (usmena komunikacija, Marković), a istraživanja koja se tiču uticaja ispusnih voda na organizme makroinveretbrata jesu malobrojna (Živić *et al.*, 2009a; 2009b; Bjelanović *et al.*, 2013; Mirčić *et al.*, 2016). Stoga, tema ove doktorske disertacije usmerena je ka istraživanju uticaja hladnovodnih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, sa težištem na red Ephemeroptera, u cilju dobijanja informacija o potencijalnoj ugroženosti brdsko-planinskih tekućica.

1.4. Red Ephemeroptera Hyatt & Arms, 1891

Red Ephemeroptera čini staru grupu insekata, koja datira od pre oko 290 miliona godina – period kasnog karbona ili ranog perma (Barber-James *et al.*, 2008), a smatra se da je najveći diverzitet ovog reda zabeležen tokom perioda mezozoika (Brittain & Sattori, 2003). Njihovo ime vodi poreklo od grčke reči *ephemeros* – onaj koji traje jedan dan, kako bi simbolizovao kratak životni ciklus adultnih jedinki (Lancaster & Downes, 2013). Predstavljaju hemimetabolnu grupu insekata, jedinstvenu po tome što ih odlikuju dva adultna stadijuma –subimago i imago. Subimago se javlja posle poslednjeg larvalnog stupnja, ima razvijena krila i nalikuje adultu, ali nije polno zreo. Ono što je svojstveno larvama Ephemeroptera jeste veliki broj larvalnih stupnjeva (10 - 50) tokom njihovog razvića (Ruffieux *et al.*, 1996). Imaga uglavnom žive do nekoliko dana, mada postoje primeri vrsta kod kojih traju samo nekoliko sati, pa čak i samo 37 minuta koliko je zabeleženo kod vrste *Caenis latipennis* Banks, 1907 (Taylor & Kennedy, 2006). Usled toga što su kratkoživeći, adulti se ne hrane, što je i povezano sa redukcijom usnog aparata. Nakon kopulacije, koja se odigrava u vazduhu, mužjaci odmah ugibaju, a ženke tek po polaganju jaja. Kod pojedinih vrsta familije Baetidae ženke mogu živeti i do dve nedelje nakon polaganja jaja, usled prisustva posebne reproduktivne strategije – ovoviviparije (Clifford, 1991).

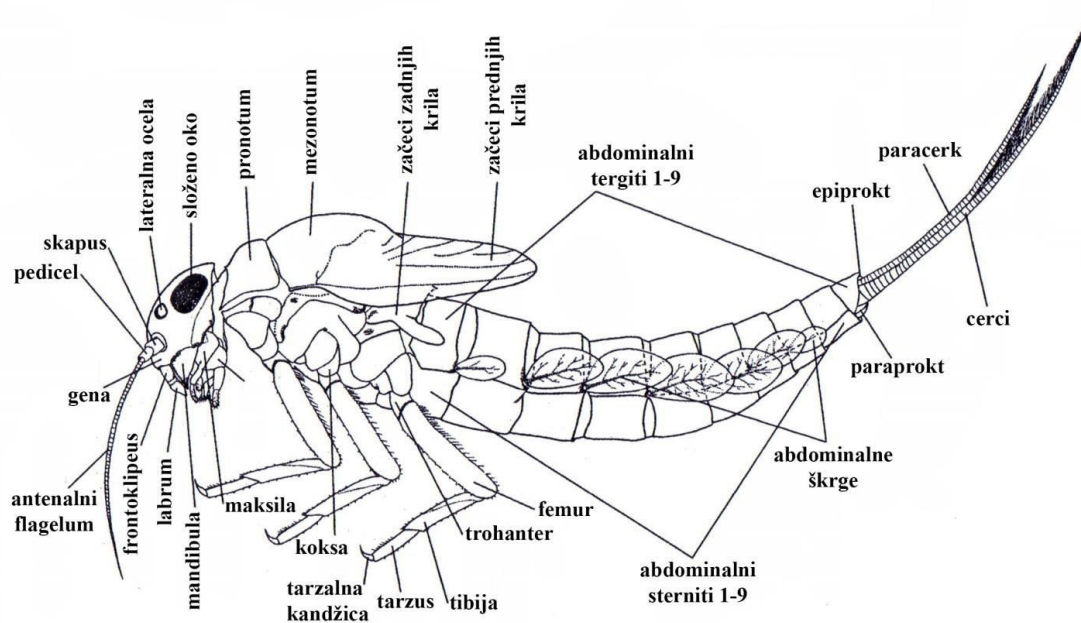
Red Ephemeroptera obuhvata 3045 opisanih vrsta (404 rodova i 42 familije) (Bauernfeind & Soldán, 2012) rasprostranjenih po čitavoj Zemlji, uglavnom u severnoj i umerenoj zoni. U Srbiji, sistematska proučavanje faune vodenih cvetova započinje

Filipović (1975), kada su zabeležene 33 vrste iz 8 familija. Skoro tri decenije kasnije Marković i Živić (2002) konstatuju da je ovaj red zastupljen sa 45 taksona (rodova i vrsta) klasifikovanih u 8 familija, da bi se najnovijim istraživanjima utvrdilo da faunu Srbije naseljava 85 vrsta i 31 rod iz 12 familija (Petrović *et al.*, 2015).

Larva. Stadijum larve, zavisno od vrste, može trajati i do tri godine. U tom periodu života, larva se presvuče od 23 do 45 puta (Richards & Davies, 1977; Bauernfeind & Soldán, 2012). Naseljavaju skoro sve tipove slatkovodnih ekosistema, ali je njihov diverzitet najveći u planinskim rekama i potocima (Marković, 1998; Marković & Živić, 2002). Poseduju čitav niz adaptacija koje su im omogućile da osvoje vodenu sredinu: imaju zatvoreni trahejni sistem, abdominalni tergiti mogu učestvovati u respiraciji, a većina poseduje listaste trahealne škrge koje su najčešće isturene na abdomenu (Kluge, 2004). Većina ima dorzoventralno spljošteno telo kojim se priljubljuju uz dno i povećavaju adhezivnu površinu (*Oligoneuriella rhenana* (Imhoff, 1852), *Rhitrogena semicolorata* (Curtis, 1834), *Epeorus assimilis* (Eaton, 1865), itd.) ili hidrodinamičan oblik tela (vrste iz familije Baetidae) sa snažno razvijenim ekstremitetima sa tarzalnim kandžicama i setama. Potreba larvi Ephemeroptera za kiseonikom je 3 – 4 puta veća nego kod mnogih drugih predstavnika akvatičnih insekata (Bauernfeind & Soldán, 2012), pa stoga čine dobre bioindikatore čistih voda.

Morfologija larvi može biti različita. Na osnovu oblika tela, izgleda delova usnog aparata i ekstremiteta kao i staništa koja preferiraju, razlikujemo nekoliko morfo-ekoloških tipova (Bauernfeind & Soldán, 2012):

- slobodnoplivajuće larve, sa vitkim, izduženim telom – Siphonuridae i Baetidae;
- dorzoventralno spljoštene larve, koje prijanjaju čitavom površinom tela za supstrat – Heptageniidae i Arthropleidae;
- larve koje žive u delovima toka koji su manje turbulentni, duž obala tekućica – Oligoneuridae i Prosopistomatidae;
- puzači – Caenidae i Ephemerellidae;
- fizikolne larve (prema Pleskot, 1953) koje preferiraju šljunkoviti tip supstrata i imaju specifičan način plivanja u vidu oscilirajućih pokreta – Leptophlebiidae;
- larve koje se ukopavaju u supstrat – Behningiidae i Ephemeroidea.



Slika 2. Izgled larve Ephemeroptera (originalni crtež Godunko, preuzeto iz Bauernfeind & Soldán, 2012).

Bez obzira na različite habituse odnosno morfo-ekološke tipove larvi Ephemeroptera, sledeće karakteristike čine ih lako prepoznatljivim (Slika 2): abdomen izgrađen od 10 segmenata, prisustvo trahealnih škrge lateralno ili dorzo-lateralno na abdomenu i prisustvo ceraka i paracerka na kraju abdomena (izuzetak je rod *Epeorus* Eaton, 1881, kod kog je paracerk redukovan).

Subimago. Subimago Ephemeroptera nalikuje adultima, ali se razlikuje pre svega po boji tela i odsustvu kopulatornih organa. Karakteri koji su svojstveni samo subimaginalnom stadijumu (Bauernfeind & Soldán, 2012) jesu:

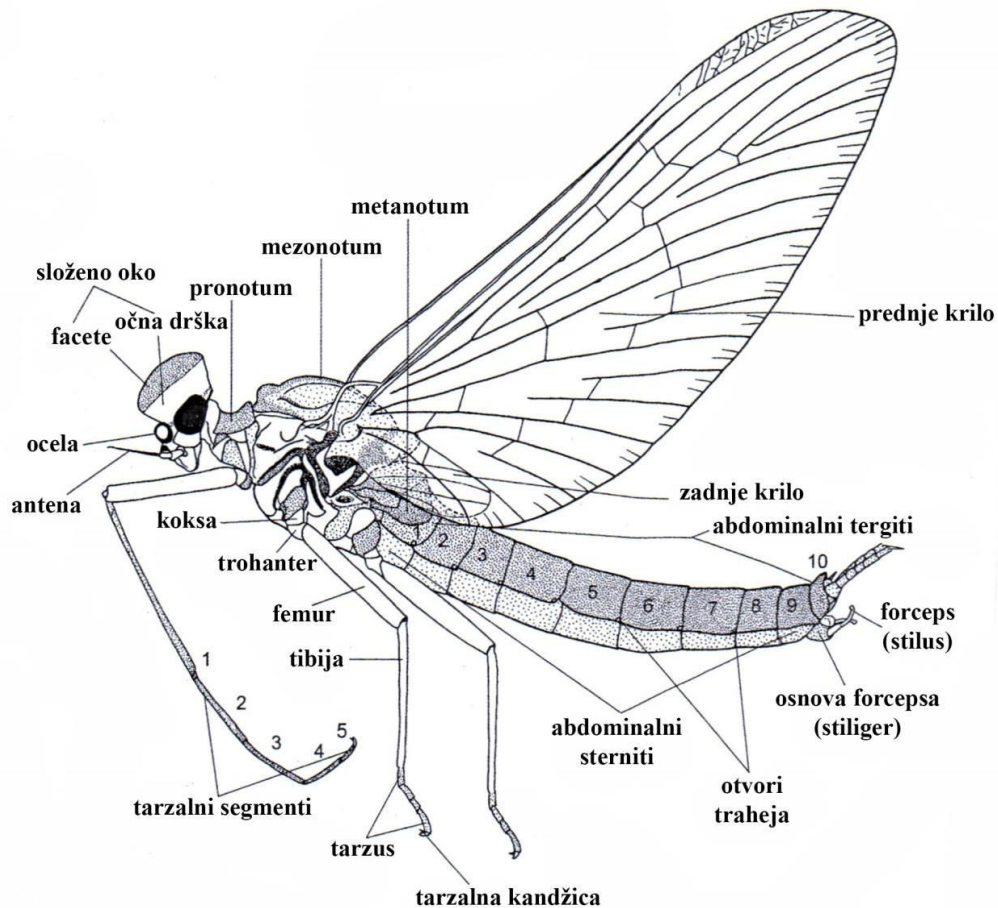
- površina krila koja je pokrivena dlačicama (mikrotrihe);
- prisustvo seta na obodima krila;
- kraći ekstremiteti;
- kraći cerci;
- izraženi delovi usnog aparata;
- moguće prisustvo škrge;
- delovi genitalija kod mužjaka su komprimovani;
- boja tela je obično zeleno-sivo-žuta, krila ponekad mogu biti tamnije obojena.

Prelazak stadijuma subimago u imago obeležen je presvlačenjem koje je jedinstveno među insektima. Subimago odbacuje nežnu kutikulu sa celog tela, uključujući i sa krila, pa se onda pojavljuje kao kompletno formirani imago (Richards & Davies, 1977). Postoje različite teorije koje teže da utvrde razlog postojanja subimaga. Šefer napominje da je faza subimaga neophodna kako bi došlo do postepenog izduživanja tj. rasta nastavaka, kao što su cerci i ekstremiteti kod mužjaka (Schaeffer, 1975). Takođe, jedna od teorija koja je predložena od grupe autora (Needham *et al.*, 1935; Landa, 1969), jeste mogućnost rojenja kod adultnih jedinki usled značajnog gubitka (20 – 25%) telesne mase kod subimaga. Edmunds & Edmunds (1980) napominju da mogućnost postojanja subimagonalnog stadijuma čini strategiju za izbegavanje predatora, naročito kod vrsta koje su aktivne u sumrak.

Imago. Adulti Ephemeroptera mogu se lako prepoznati po specifičnom obrascu rojenja mužjaka vezano za reprodukciju. Smatra se da je većina struktura kod adultnih efemeroptera (i mužjaka i ženki) evoluirala u vezi sa ovim vidom seksualne strategije mužjaka (Kluge, 2004).

Adultne jedinke, po izgledu tela, uglavnom ne nalikuju larvama (Slika 3), odlikuje ih prisustvo (u većini slučajeva) dva para krila. Prednja su trouglasta i sa dobro izraženom nervaturom, dok su zadnja kraća, a mogu biti redukovana ili odsutna. Tokom mirovanja, krila drže obično vertikalno u odnosu na telo. Abdomen se završava dugim cercima. Paracerk je prisutan ili redukovan. Na kraju abdomena smešteni su kopulatorni organi, na kojima su bitni taksonomski karakteri za razlikovanje vrsta unutar roda. Polni dimorfizam je izražen. Mužjaci imaju krupnije oči, koje se medijalno dodiruju i prepokrivaju ceo glaveni region dorzalno. One su podeljene na ventralni deo sa manjim, tamnijim facetama i dorzalni deo sa krupnijim facetama. Mužjaci familije Baetidae i retki pretstavnici familije Lephophlebiidae imaju tzv. turbanske oči (Bauernfeind & Soldán, 2012), sa krupnim facetama smeštene dorzalno na nefacetovanoj drški, a donji deo oka je sa sitnijim facetama (Slika 3). Takođe, mužjaci se razlikuju od ženki po građi prednjih ekstremiteta, tibije i tarzusi su obično znatno izduženi, dostižu veličinu tela. Ove razlike koje se javljaju kod mužjaka, čine adaptacije u cilju uspešne kopulacije, prvo da bi mogli lakše uočiti ženu, a drugo da bi je lakše obuhvatili. Rojenje adalata Ephemeroptera najverovatnije je povezano sa njihovim kratkim životnim ciklusom, kako bi se partneri što lakše pronašli, uspešno kopulirali i obezbedili produžetak svoje

vrste (Lancaster & Downes, 2013). Jedna od najraznovrsnijih grupa reda Ephemeroptera jeste familija Baetidae. Može se reći da ima gotovo kosmopolitsku distribuciju, nije registrovana samo na Antartiku i Novom Zelandu (Gattolliat & Nieto, 2009).



Slika 3. Izgled adulta Ephemeroptera (originalni crtež Godunko, preuzeto iz Bauernfeind & Soldán, 2012).

1.4.1. Familija Baetidae, rod *Baetis* Leach, 1815

1.4.1.1. Diverzifikacija roda *Baetis*

Leach (1815) je napravio podelu tribusa Ephemerides na dve familije, u zavisnosti od broja kaudalnih filamenata kod adultnih jedinki. Na osnovu ovog koncepta, Leach definiše familiju Baetidae u koju se svrstavaju vrste sa dva kaudalna filamenta i familiju Ephemeridae sa vrstama koje poseduju tri kaudalna filamenta. U

okviru familije Baetidae, napominje dva roda: *Baetis* Leach, 1815, sa vrstama koja imaju dva para krila i *Cloeon* Leach, 1815 čije vrste imaju jedan par krila. Kazlauskas (1972) je ovu familije podelio na dve podfamilije, Baetinae Laech, 1815 i Cloeoninae Newman, 1853. Ova klasifikacija je bila bazirana isključivo na osnovu paleartičkih predstavnika, a naknadno, dodate su još dve podfamilije, Callibaetinae Riek, 1973 i Afroptililinae Kluge, 1997, koje uključuju i Nearktičke/Neotropske i Afrotropske rodove (Bauernfeind & Soldán, 2012). Kako navodi Kluge (2004), familiju Baetidae karakterišu dve autapomorfne karakteristike (odlike): turbanske oči kod mužjaka i razdvojeni furkasternalni nastavci kod imaga i subimaga, sa metatorakalnom ganglijom između njih. Pored napomenutih, čitav niz zajedničkih karaktera (pre svega kod larvi) možemo pronaći među različitim rodovima familije Baetidae, kao što su pisciformni oblik tela, hipognatna glava, duge antene, duge i uske glose i paraglose i labrum sa središnjim usekom (Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996; Bauernfeind & Soldán, 2012).

Kompleksnost identifikacije pripadnika pojedinih rodova familije Baetidae najbolje se ogleda na primeru neartičkih rodova, kod kojih su primećena odstupanja od standardnih stanja karaktera svojstvenih ovoj familiji, npr. *Platybaetis* Müller-Liebenau, 1980 koji ima prognatnu glavu i kratke antene; ili npr. *Aturbina* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996 jedini rod kod kojih mužjaci ne poseduju turbanske oči. Na osnovu toga, Vang i Mekkaferri predlažu dva univerzalna larvalna karaktera koja se sreću kod svih rodova u okviru familije Baetidae, i to posteriorni položaj lateralnih ocelela u odnosu na lateralne grane epikranijalne suture i dorzalni lobus vrha femura koji je uvek orijentisan ventralno (Wang & McCafferty, 1996).

U proteklih 200 godina, istraživanja vezana za sistematiku Baetida znatno su napredovala, tako da je do sada opisano oko 100 rodova širom sveta i više od 750 nominalnih vrsta (Bauernfeind & Soldán, 2012). Sedam rodova je prepoznatljivo u fauni Evrope: *Baetis*, *Baetopus* Keffermüller, 1960, *Centroptilum* Eaton, 1869, *Cheleocloeon* Wuillot & Gillies, 1993, *Cloen*, *Procloeon* Bengtsson, 1915 i *Pseudocentroptiloides* Jacob, 1986.

Rod sa najvećim brojem opisanih vrsta jeste rod *Baetis*. Prema Miler-Libenau (Müller-Liebenau, 1969), može se podeliti u jedanaest grupa vrsta: *Baetis alpinus*, *B. lutheri*, *B. pavidus*, *B. rhodani*, *B. vernus*, *B. fuscatus*, *B. buceratus*, *B. atrebatinus*, *B. niger*, *B. gracillis* i *B. lapponicus*. Zbog prisustva velikog broja različitih filogenetskih

linija, klasifikacija ovog roda na podrodove vrlo je komplikovana (Bauernfeind & Soldán, 2012). Podela na podrodove, koja je u osnovi zasnovana na grupi vrsta definisanih od strane Miler-Libenau (1969), obično se bazira na konceptu koji su dali Novikova i Kluge (1987). Po ovim autorima, u okviru roda *Baetis sensu lato*, razlikujemo sledeće evropske podrodove: *Baetis sensu stricto*, Leach, 1815 (uključuje *B. alpinus*, *B. lutheri*, *B. pavidus*, *B. vernus*, *B. fuscatus* i *B. buceratus* grupa vrsta), *Nigrobaetis* Novikova & Kluge, 1987 (*B. niger* i *B. gracilis* grupa vrsta), *Labiobaetis* Novikova & Kluge, 1987 (*B. atrebatinus* grupa vrsta), *Acentrella*, Bengtsson, 1912 (*B. lapponicus* grupa vrsta) kao i podrod *Rhodobaetis* Jacob, 2003 (*B. rhodani* grupa vrsta) definisan od strane Jacob-a (2003). *Baetiella* Uéno, 1931 i *Takobia* Novikova & Kluge, 1987 su podrodovi koji su naknadno uključeni u okviru roda *Baetis s.l.*, koji su od strane Miler-Libenau (1969) tretirani van ovog roda.

Waltz & McCafferty (1987) u okviru familije Baetidae definišu dva kompleksa rodova: *Baetis* kompleks i ne-*Baetis* kompleks, koji je zasnovan na prisustvu, odnosno odsustvu femoralne vilipore. Femoralne vilipore čine grupu seta u osnovi femura kod larvi, a njihovo prisustvo predstavlja bitan sinapomorfan karakter koji ujedinjuje mnoge taksone pripadnike cele familije Baetidae. Po ovom konceptu, u okviru ove monofiletske grupe *Baetis* kompleksa, uključeni su sledeći holartički i orijentalni rodovi: *Baetis s. str.* (sa grupama vrsta: *alpinus*, *buceratus*, *fuscatus*, *lutheri*, *pavidus*, *rhodani* i *vernus*), *Acentrella*; *Baetiella*; *Barbaetis* Waltz & McCafferty, 1985; *Cymulabaetis* McCafferty & Waltz, 1995; *Gratia* Thomas, 1992; *Heterocloeon* McDunnough, 1925; *Labiobaetis*; *Liebebiella* Waltz & McCafferty, 1987 i *Platybaetis*.

S druge strane, pripadnici ne-*Baetis* kompleksa (koji se karakterišu odsustvom femoralne vilipore), uključuju isključivo vrste u okviru podroda *Nigrobaetis* koji su definisali Novikova i Kluge (1987), tj. *Baetis niger* i *Baetis gracilis* grupu vrsta prema Müller-Liebenau (1969).

Prema pripadnicima škole po autoru McCaffertyju, vrste podroda *Nigrobaetis*, koje su svrstavane u okviru roda *Baetis s.l.*, a koje ne poseduju femoralne vilipore i time se ne smatraju pripadnicima *Baetis* kompleksa, zahtevaju reklasifikaciju kako bi se izbegao parafiletски koncept *Baetis* kompleks grupe. Sve to je imalo kao posledicu formiranje novih rodova (*Alainites* Waltz & McCafferty, 1994; *Dipheter* Waltz & McCafferty, 1987; *Acerpenna* Waltz & McCafferty, 1987) koji u osnovi čine vrste (u

okviru) podroda *Nigrobaetis* prema Novikova i Kluge (1987). Drugi taksoni, poput npr. *Takobia*, dobili su rang roda (Waltz et al, 1994). U međuvremenu, pripadnicima *Baetis* kompleksa pridruženo je još nekoliko zajedničkih karaktera, kao što je npr. prisustvo senzila na antenalnim segmentima (Gaino & Reborá, 1999).

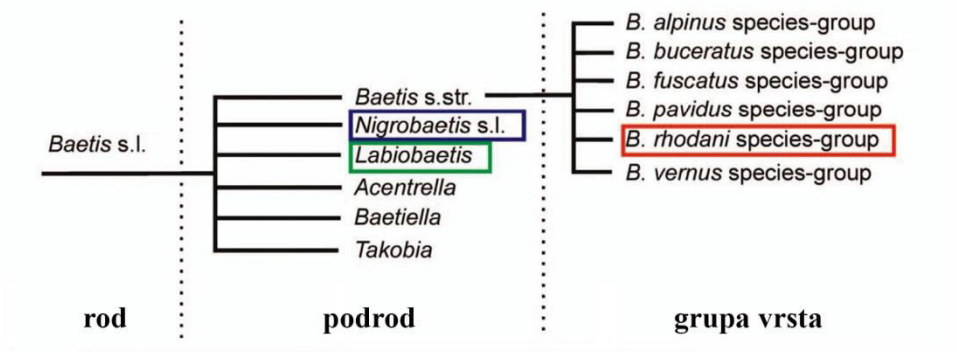
Generalno gledano, koncept *Baetis* kompleksa nije svugde prihvaćen i naročito je nepopularan među evropskim taksonomima (Bauernfeind & Humpesch, 2001; Jacob, 2003; Haybach, 2010; Bauernfeind & Soldán, 2012), koji se drže tradicionalne klasifikacije, neprihvatajući novoopisane rodove kao što su *Alainites* ili *Diphetero*. Šematski prikaz alternativnih klasifikacija unutar potfamilije Baetinae prikazan je na Slici 4.

1.4.1.2. Opšte odlike adulta i larvi roda *Baetis*

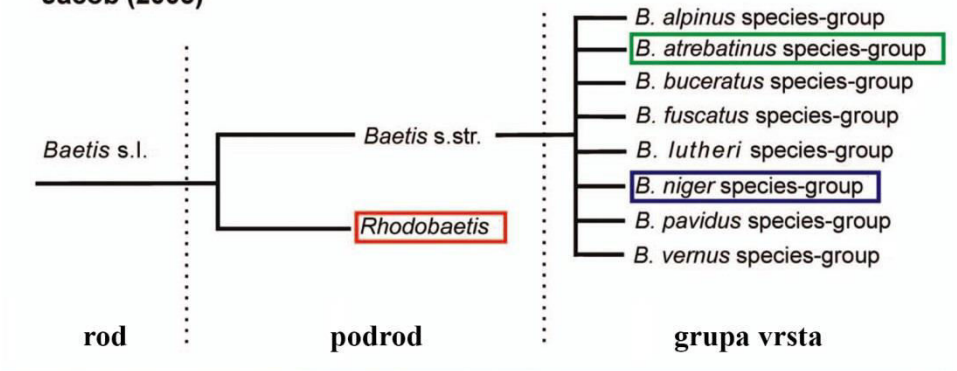
Veličina tela adultnih jedinki *Baetis*-a kreće se 3 – 12 mm, a dužina krila 6 – 15 mm (Bauernfeind & Soldán, 2012). Zadnji par krila je obično prisutan, sa redukovanom nervaturom. Izgled adultnih jedinki različitih vrsta je uglavnom sličan. Mužjaci se lako razlikuju u odnosu na ženke usled prisustva turbanskih očiju i dužih prednjih ekstremiteta. Larve imaju vitko, vretenasto telo, efikasno izvode pokrete plivanjem, dominantno su zastupljene u tekućicama (ređe uz obalu jezera) i to u gornjim tokovima, u zoni epiritrala, metaritala i hiporitala (Buffagni *et al.*, 2009). Na abdomenu obično imaju sedam pari listastih škruga smeštenih lateralno. Na kraju abdomena imaju dva cerka između kojih je smešten termalni filament, tj paracerk, koji je kod adulata redukován.

Larve ovog roda najčešće dominiraju u uzorcima Ephemeroptera, sa učešćem od 23 – 50% prikupljenih larvi (Bauernfeind & Soldán, 2012). U odnosu na adulte, larve su znatno informativnije sa stanovišta biomonitoringa. Imaju duži životni vek i dobri su indikatori stepena organskog zagađenja, naročito ako se ima u vidu opseg tolerantnosti na organsko zagađenje među vrstama unutar roda.

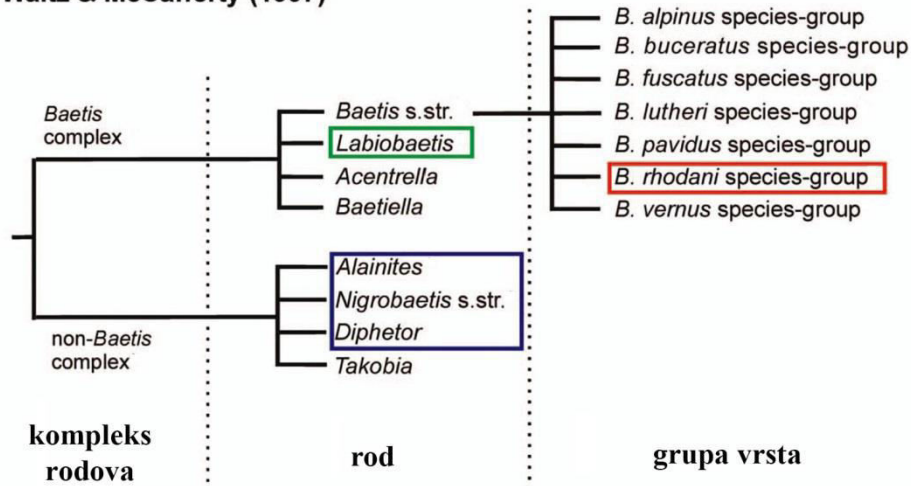
Novikova & Kluge (1987)



Jacob (2003)



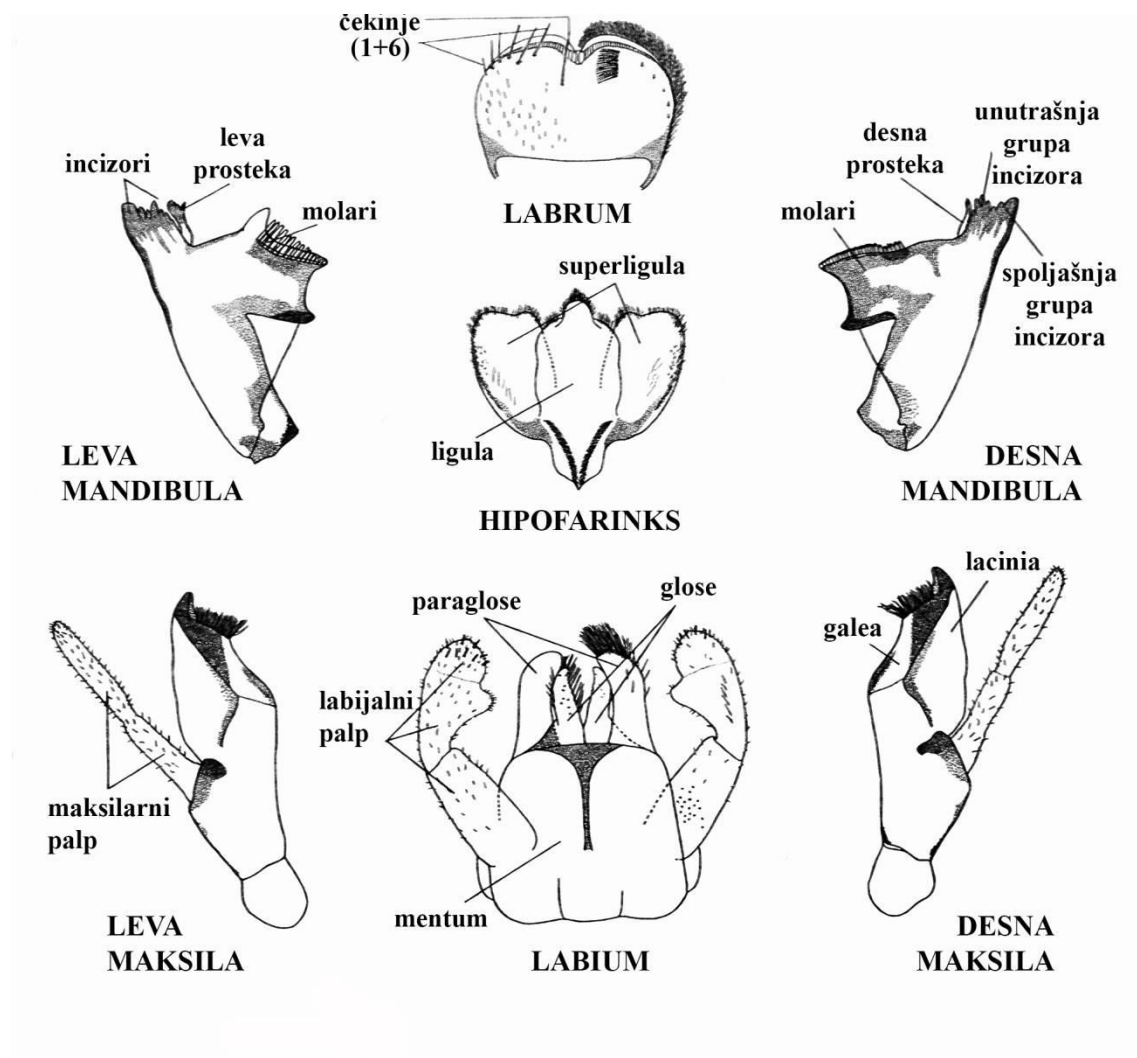
Waltz & McCafferty (1997)



Slika 4. Šematski prikaz alternativnih klasifikacija unutar potfamilije Baetinae (navedeni su samo zapadnopaleartički rodovi). Taksoni koji su tretirani drugačije po različitim autorima, ali koji uključuju iste vrste, uokvireni su istom bojom (Preuzeto iz Sroka, 2012).

Spoljašnji deskriptivni karakteri, koji se pre svega tiču obojenosti ekstremiteta i tergita, izrazito su varijabilni, a na ovim karakterima često se zasniva brza identifikacija larvi roda *Baetis*, naročito u studijama u kojima je neophodno obraditi veliki broj

uzoraka. Međutim, u većini slučajeva, ovi karakteri nisu pouzdani za preciznu determinaciju vrsta na larvalnom stadijumu. Neophodno je izvršiti disekciju delova usnog preparata larvi *Baetis*-a (Slika 5), na kojima se nalaze bitni taksonomski karakteri za identifikaciju vrsta. Izgled labruma i broj anteriornih submarginalnih čekinja na labrumu, izgled prosteke, struktura madibularne grupe incizora (sekutića), kao i izgled maksilarnih i labijalnih palpa čine bitne dijagnostičke karaktere. Takođe, potrebno je obratiti pažnju i na izgled tarzalnih kandžica, raspored i oblik čekinja na femurima, izgled paraprokta, i oblik čekinja i seta na abdominalnim tergitima.



Slika 5. Delovi usnog aparata larvi roda *Baetis*, Leach 1815 (originalni crtež Godunko, preuzeto iz Bauernfeind & Soldán, 2012).

1.4.2. Kriptička specijacija i primena molekularnih metoda u taksonomskoj karakterizaciji vrsta u okviru roda *Baetis*

Identifikacija pojedinih grupa akvatičnih insekata zasnovana na morfološkim karakteristikama može biti problematična kada fenotipska diferencijacija nije u korelaciji sa genetskom divergencijom populacija. Ovakav primer specijacije dovodi do stvaranja tzv. kriptičkih vrsta, koje se morfološki slabo razlikuju, ali genetičke analize ukazuju na visoku divergenciju, a njihova biologija na različitu adaptaciju i reproduktivnu izolaciju. Pojam kriptičkih vrsta poznat je više stotina godina, ali tek sa intenzivnim razvojem molekularnih metoda njihova detekcija dostiže pravu ekspanziju. Ubrzan razvoj molekularnih metoda omogućio je analizu različitih genskih markera i karakterizaciju genetičkog polimorfizma, što je od izuzetnog značaja za rekonstrukciju filogenetskih odnosa i rešavanje taksonomskog statusa vrsta.

U populaciono-genetičkim studijama insekata, podjednako se koriste nuklearni i mitohondrijalni genski markeri. Analiza barkoding regiona subjednice 1 citohrom oksidaze gena mitohondrijalne DNK (COI mtDNK) smatra se veoma informativnom za detekciju genetičkih varijacija između populacija i korišćen je u više navrata u populaciono-genetičkim istraživanjima različitih vrsta kopnenih i vodenih insekata. Barkoding region COI mtDNK naročito je pogodan za determinaciju intra- i interspecijskih filogenetskih odnosa.

Ball *et al.* (2005) su testirali informativnost barkoding regiona COI gena u identifikaciji vrsta akvatičnih insekata, obuhvatajući i nekoliko vrsta roda *Baetis*. Njihovi rezultati su pokazali da je barkoding region izuzetno informativan molekularni marker za determinaciju do nivoa vrsta.

Na osnovu dosadašnjih populaciono-genetičkih istraživanja baziranih na barkoding regionu COI mtDNK, postojanje kriptičkih vrsta registrovano je kod nekoliko vrsta roda *Baetis*. Više grupa autora analizirali su barkoding region mitohondrijalne DNK kod vrste *B. alpinus* (Pictet, 1843) iz različitih regiona i došli do istih nalaza o postojanju više kriptičkih taksona u okviru ove vrste (Finn *et al.*, 2013; 2014; Murria *et al.*, 2014; Gattolliat *et al.*, 2015; Leys *et al.*, 2016).

Morfološki karakteri larvi vrsta grupe *Baetis vernus* Curtis, 1834 su varijabilni i kao takvi pretpostavlja se da su stalno izloženi selektivnom pritisku sredine, što

značajno otežava njihovu determinaciju. Međutim, Ståhls & Savolainen (2008) su analizom barkoding regiona COI mtDNK jasno razgraničili tri vrste u okviru *B. vernus* grupe tj. *B. macani* Kimmins, 1931, *B. subalpinus* Bengtsson, 1917 i *B. vernus*.

Mnogi taksonomi su smatrali da *Baetis rhodani* (Pictet, 1843) predstavlja kompleks nekoliko formi nejasnog taksonomskog statusa. Williams *et al.* (2006) su analizom barkoding regiona utvrdili dve monfiletičke grupe, sa značajnim evolutivnim distancama koje ukazuju na postojanje kriptičkih vrsta u okviru *B. rhodani* kompleksa. Lucentini *et al.* (2011) su samo na teritoriji Italije utvrdili 25 različitih haplotipova u populacijama *B. rhodani*, a među njima čak 11 potencijalnih kriptičkih vrsta.

Otkrivanje kriptičkih vrsta kod insekata pravi je izazov za taksonome, jer ukazuje na znatno veći diverzitet nego što se to prethodno smatralo, što je od posebnog značaja za vrste roda *Baetis* kao bioindikatore. Pored fundamentalnog, molekularna identifikacija kriptičkih taksona od izuzetnog je značaja i u primenjenim istraživanjima. Svakako da primena genskih markera ne isključuje i primenu klasičnih metoda u taksonomiji, ali u slučaju kada se morfološki karakteri podudaraju, pojedine vrste unutar kompleksa kriptičkih vrsta moguće je detektovati samo na osnovu analize DNK i bionomijskih razlika.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Doktorska disertacija realizovana je u skladu sa sledećim ciljevima:

- Sistematizacija postojećih literaturnih podataka o uticaju ispusnih voda pastrmskih ribnjaka na sastav biocenoza bentosa u tekućicama.
- Analiza vode u recipijentu i odnosa promena fizičkih i hemijskih parametara sredine.
- Analiza intenziteta uticaja pastrmskih ribnjaka na recipijent.
- Sagledavanje kvaliteta vode istraživanih tekućica korišćenjem organizama makrozoobentosa kao bioindikatora – analiza metričkih osobina zajednica.
- Analiza uticaja pastrmskog ribnjaka korišćenjem enzima antioksidativnog stresa kod vrste *Dinocras megacephala* (Klapalek, 1907) (Plecoptera, Insecta) – biološki monitoring na nivou biomarkera.
- Utvrđivanje faunističkog sastava i diverziteta makrozoobentosa u istraživanim tekućicama, sa akcentom na identifikaciji novih taksona za entomofaunu Srbije.
- Morfološko-molekularna analiza larvi roda *Baetis* - molekularna identifikacija vrsta istraživanih tekućica i izrada deskriptivnog taksonomskog ključa.

3. MATERIJAL I METODE

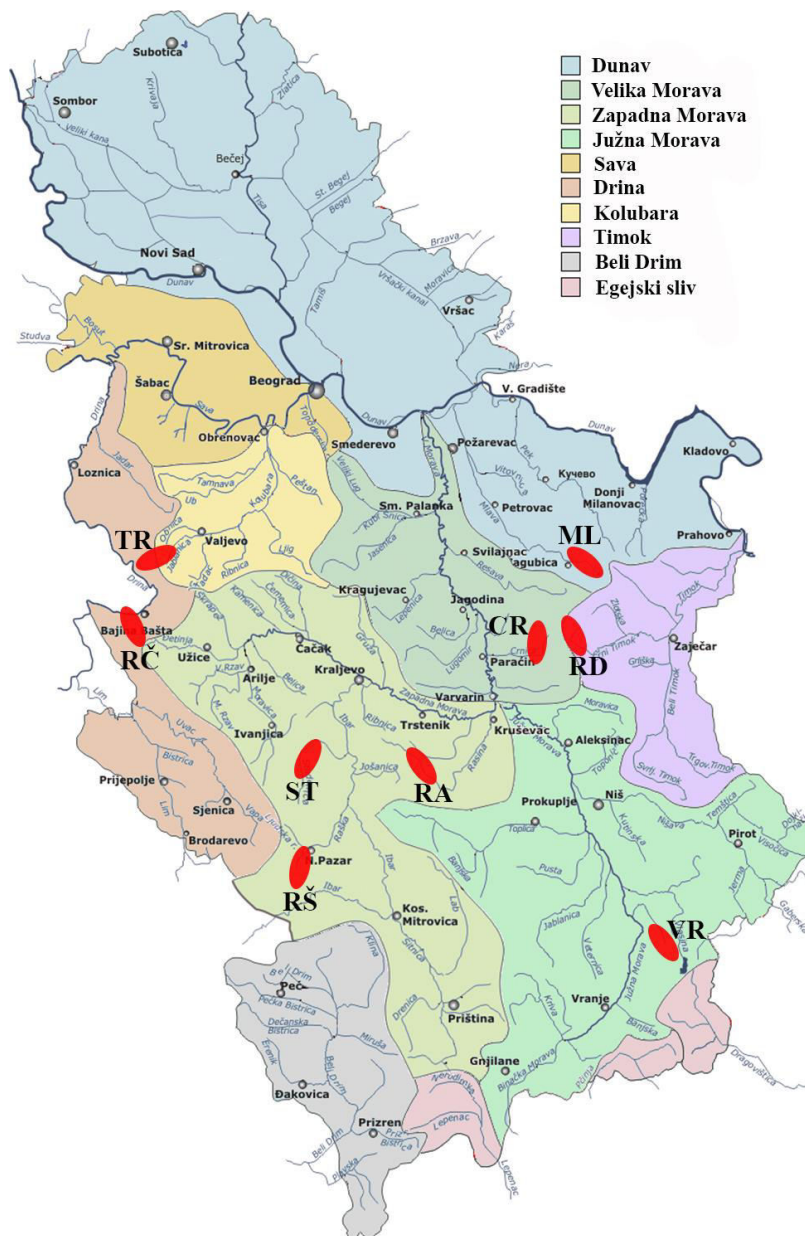
3.1. Opšte karakteristike istraživanih područja sa opisom lokaliteta i ribnjaka

Istraživanje uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa sprovedeno je u periodu 2011-2012. godine, na svaka dva meseca, počevši od aprila 2011. godine. Pošto je za sve istraživane reke niži vodostaj obično karakterističan za kraj leta i početak jeseni (podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za stanje vodostaja istraživanih slivova 2011 – 2012. godine; Prilog 1). Istraživanje je izvršeno mesečno u periodu septembar-oktobar, kako bi se, upravo usled niskog vodostaja i manje količine vode u rečnom koritu, zabeležio potencijalno najveći uticaj pastrmskih ribnjaka na ispitivane zajednice. Takođe, korišćeni su i uzorci makrozoobentosa iz reke Trešnjice, koji su prikupljeni u periodu od decembra 2003. godine do oktobra 2004. godine, u dvomesečnom intervalu.

Tekućice odabrane za studiju, na čijim su gornjim ili srednjim delovima toka locirani pastrmski ribnjaci, nalaze se u brdsko-planinskim oblastima Srbije, južno od Save i Dunava (Slika 6). Prema Illies (1978) kao i prema novoj podeli za teritoriju Srbije koju su dali Paunović *et al.* (2012), lokaliteti su smešteni u okviru petog (Dinarski Zapadni Balkan) i sedmog (Istočni Balkan) ekoregiona. Odabir ribnjaka izvršen je na osnovu proizvodnog kapaciteta samih ribnjaka i veličine recipijenta. Svi lokaliteti, u svim sezonama su fotodokumentovani, a izgled pojedinačnih lokaliteta prikazan je u Prilogu 2 (Slike 1-8).

Lokaliteti na kojima je vršeno uzorkovanje makrozoobentosa odabrani su u odnosu na položaje pastrmskih ribnjaka na rekama. Ako se pastrmski ribnjaci snabdevaju vodom direktno sa izvora ili vrela, jedina mogućnost za izbor kontrolnog (referentnog) lokaliteta bio je sam izvor. Onda kada to nije bio slučaj, odabrana su dva kontrolna lokaliteta iznad ribnjaka. Tada je prvi lokalitet pozicioniran u blizini samog izvora reka ili do 770 m udaljenosti iznad pastrmskog ribnjaka, ako su izvori bili nepristupačni. Drugi lokalitet je smešten na 10 – 60 m iznad vodozahvata, pre upusta vode u ribnjačke bazene. Na delu toka ispod pastrmskih ribnjaka, pozicija lokaliteta je

birana u odnosu na udaljenost ovih lokaliteta od pastrmskih ribnjaka. Tako, prvi lokalitet ispod ribnjaka smešten je na 10 – 50 m ispod ispusne cevi ribnjaka, drugi na udaljenosti od 110 – 500 m, treći na 590 – 2600 m i četvrti, poslednji lokalitet, na 1700 – 6400 m od pastrmskog ribnjaka. Pristup ovakvom odabiru lokaliteta imao je za cilj da se utvrdi autopurifikaciona moć istraživanih reka na ovom delu toka.



Slika 6. Hidrološka karta Srbije sa naznačenim rekama na kojima je vršeno istraživanje. Reke su obeležene skraćenicama: RŠ- Raška; VR – Vrla; ST – Studenica; RA – Rasina; RD – Radovanska reka; CR – Crnica; RČ – Rača; TR – Trešnjica; ML – Mlava (karta preuzeta sa <https://sr.wikipedia.org/wiki/Srbija>).

3.1.1. Reka Raška

Reka Raška se nalazi u jugozapadnom delu Srbije i predstavlja levu pritoku reke Ibar. Duga je 39 km, a prosečna širina pri srednjem vodostaju iznosi 5 – 6 m, u donjem toku mestimično i do 10 m; prosečna dubina reke iznosi oko 0,7 m, sa ređim mestima od 0,5 m i veoma retkim virovima od najviše 1,5 m (Eminović, 1990).

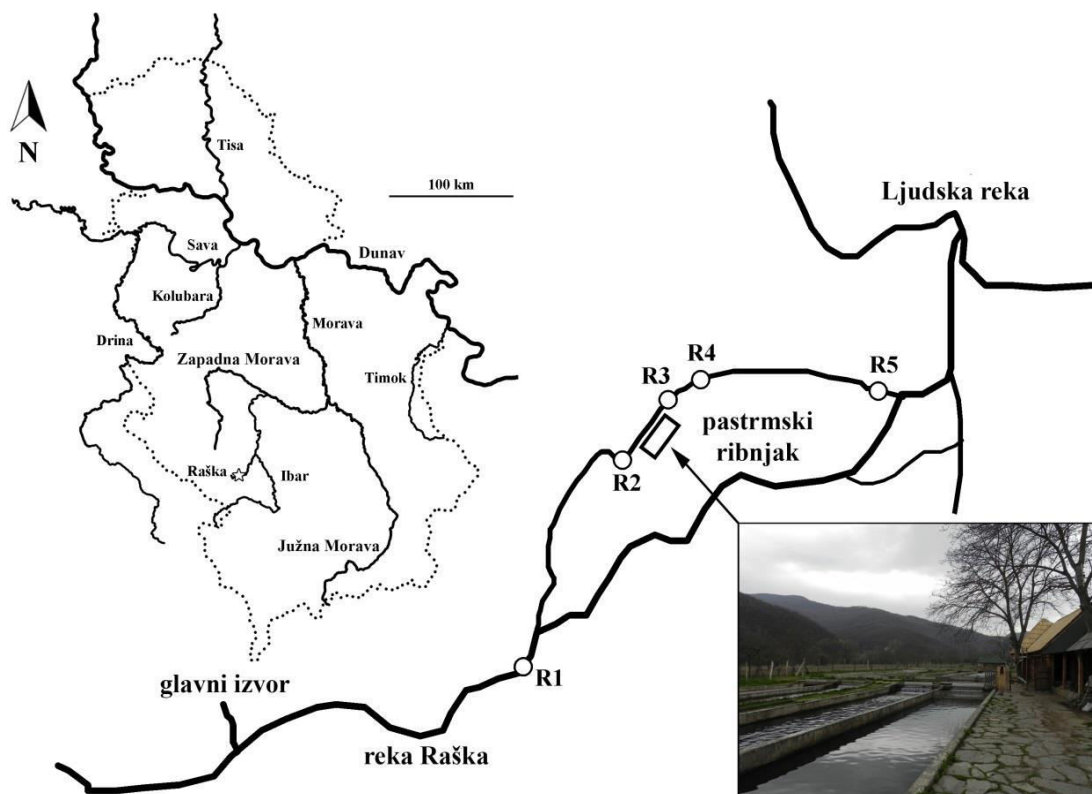
Izvire ispod krečnjačkog brda Golača, 15 km zapadno od Novog Pazara (Gavrilović & Dukić, 2002). Izvorišni deo doline reke Raške specifičan je geomorfološki fenomen. Kraško Koštam polje predstavlja njeno skraćeno izvorište i nalazi se na 950 m nadmorske visine (Marković, 1980). Po dnu Koštam polja nalaze se ponori Točilovske, Delimeđske i Likovske reke. Vode Koštam polja podzemno se dreniraju i otiču podzemnim kanalima, da bi u blizini manastira Sopoćani izbile iz pećine u vidu jakog vrela voklijskog tipa (izdašnosti 2 m³/s), tzv. vrelo Raške, čija voda ističe preko vodopada visokog oko 6,8 m. Nizvodno od vrela Raške, voda otiče u vidu brojnih slapova, dok uz samo korito reke, na dužini od 50 m, izbija desetak izvora koji reci dopremaju preko 50 l/s vode (Gavrilović & Dukić, 2002).

Njen sliv ima površinu od 1040 km² (Gavrilović & Dukić, 2002). U gornjem toku, dno korita reke je kamenito, a prema Novom Pazaru prekriveno šljunkovitim nanosima. U srednjem i donjem toku prošarano je peskovitim nanosima, a pri ušću prekriveno muljem (Eminović, 1990). Neke od značajnih pritoka reke Raške jesu Ljudska reka, Jošanica i Deževska reka.

Geološku građu sliva reke Raške čine veoma raznovrni tipovi stena. Zbog dugotrajne i snažne vulkanske aktivnosti, u geološkoj građi zastupljene su s velikim rasprostranjenjem eruptivne stene sa tufovima. Takođe, tu su i paleozojski škriljci, trijaski, kredni i mermerski krečnjaci, dacito-andeziti i njihovi tufovi, kao i serpentiniti (Eminović, 1990).

Raška je reka sa velikim prosečnim padom, koji na dužini toka od samo 36 km iznosi 5,6%. Brzina toka u gornjem delu, pri srednjem vodostaju, iznosi 4 m/s, a u srednjem delu toka svega 0,5 m/s (Eminović, 1990). Njen proticaj značajno varira u zavisnosti od doba godine. Leti, proticaj na ušću kod mesta Raška padne na 0,75 – 1,00 m³/s, dok posle jačih kiša iznosi i do 241 m³/s (Gavrilović & Dukić, 2002). Prvi minimum vodostaja je u mesecu avgustu, a drugi u januaru. Najniži vodostaj u avgustu

uslovljen je malom količinom padavina i velikim isparavanjem, a u januaru, niskim temperaturama i padavinama u vidu snega (Petrović, 1963).



Slika 7. Pozicija lokaliteta na rukavcu reke Raške i izgled ribnjaka.

Uzorkovanje makrozoobentosa vršeno je na pet lokaliteta koji se nalaze na rukavcu reke Raške koji protiče pored ribnjaka, i dug je 1,1 km (Slika 7). Dva lokaliteta pozicionirana su iznad, a preostala tri ispod ribnjaka. Zbog kraćeg toka rukavca reke Raške, treći lokalitet je smešten neposredno ispod ispusne cevi, četvrti na udaljenosti 100 m od trećeg, a peti, koji se nalazi neposredno u blizini ušća u glavni tok Raške, na 480 m od četvrtog lokaliteta. Karakteristike lokaliteta prikazane su u Tabeli 1.

Pastrmski ribnjak, ukupne površine 520 m², lociran je između drugog i trećeg lokaliteta (Slika 7). Ima ukupno osam bazena do kojih se voda direktno doprema cevima. Voda se iz ribnjaka zajedničkim kanalom, bez predhodnog taloženja, ispušta u recipijent. Godišnja proizvodnja je oko 28 t pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*).

Tabela 1. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Raške.

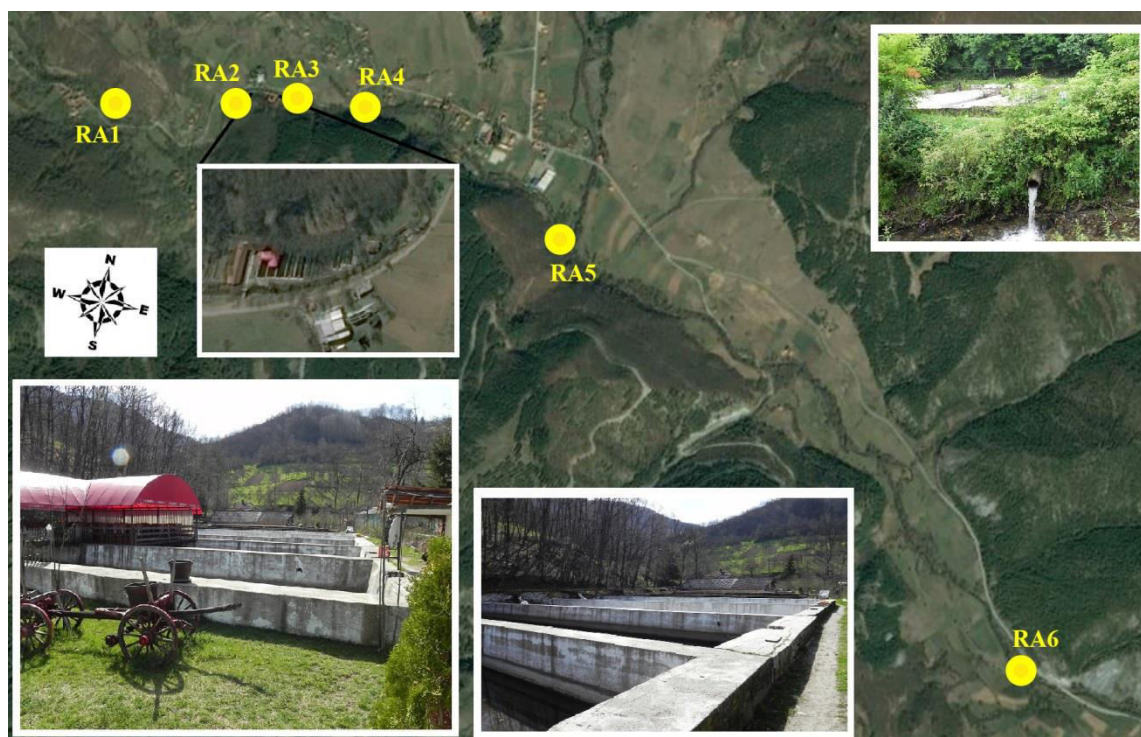
Lokalitet	RŠ1	RŠ2	RŠ3	RŠ4	RŠ5
Položaj lokaliteta	600 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	60 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	10 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	110 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	590 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske koordinate	43° 07.969 N 20° 26.101 E	43° 08.188 N 20° 26.305 E	43° 08. 225 N 20° 26.398 E	43° 08.246 N 20° 26.463 E	43° 08.230 N 20° 27.122 E
Nadmorska visina (m)	543	540	537	536	531
Dubina toka (m)	0,15 - 0,3	0,22 – 0,43	0,14 – 0,26	0,12 – 0,45	0,05 – 0,25
Širina toka (m)	1,9 – 4,4	1,3 - 3	1,7 – 2,4	1,6 – 2,6	1,8 – 4,5
Površina ovlaženog profila (m²)	0,36 – 0,90	0,30 – 0,72	0,24 – 0,40	0,26 – 1,00	0,25 – 0,59
Brzina toka (m/s)	0,31 – 0,45	0,20 – 0,38	0,23 – 0,45	0,23 – 0,38	0,30– 0,54
Protok (m³/s)	0,19 – 0,39	0,07 – 0,31	0,07 – 0,15	0,09 – 0,31	0,08 – 0,22
Temperatura vode (°C)	10 – 12,2	9,9 -12,6	9,9 – 12,7	9,9 - 13	9,8 - 14
Priobalna vegetacija	livada + njiva	livada	livada + šuma	livada + njiva	livada + šuma
Regulacija toka	zemljišna	zemljišna	zemljišna + kamenita	betonska	zemljišna + kamenita

3.1.2. Reka Rasina

Reka Rasina je posljednja značajnija, desna pritoka Zapadne Morave. Dugačka je 92 km i ima sliv od 981 km² (Gavrilović & Dukić, 2002). Nastaje od izvorišnih krakova Velike i Burmanske reke na padinama planina Goč i Željina, a u Zapadnu Moravu utiče 5 km nizvodno od Kruševca, na 134 m nadmorske visine (Gavrilović & Dukić, 2002).

Dolina reke Rasine je kompozitna. Od nastanka toka do sela Razbojne teče klisurastom dolinom sa malim erozivnim proširenjima kod Brusa. Između Razbojne i Zlatara protiče plitkim i širokim koritom kroz Dobroljubačku kotlinu, a zatim ulazi u Zlatarsku klisuru i u njoj gradi nekoliko uklještenih meandara (Dimitrijević *et al.*, 2007). U Kruševačku kotlinu Rasina ulazi nizvodno od Majdeva, dolina joj je široka i izvijugana i u blizini ušća reka je široka 35 – 40 m i duboka 0,5 – 1 m (Gavrilović & Dukić, 2002). Kada je reč o pedološkoj građi sliva Rasine, na najvećem prostranstvu zastupljene su gajnjače i parapodzolaste gajnjače (Marković, 1970).

Pored kompozitne doline, reku Rasinu karakteriše i izrazita asimetričnost sliva (Dimitrijević *et al.*, 2007). Osim reke Zagrže, koja Rasini pritiče sa planine Goča sa leve strane u izvorišnom delu, sve ostale pritoke dotiču sa desne strane (Gavrilović & Dukić, 2002). Do akumulacije „Ćelije“ Rasina prima 20 direktnih pritoka. Sve one teku klisurastim dolinama, imaju velike padove rečnog toka i nose veliku količinu erodiranog materijala. Najveće među njima su Graševačka reka i Blatašnica (Dimitrijević *et al.*, 2007).



Slika 8. Pozicija lokaliteta na reci Rasini i izgled ribnjaka.

Reka Rasina i njene pritoke pripadaju rekama pluvio – nivalnog režima umereno kontinentalne varijante (Dimitrijević *et al.*, 2007). Rasina daje Zapadnoj Moravi 9 m^3 vode u sekundi prosečno, a njene amplitude proticaja vrlo su izrazite. U aprilu raspolaže gotovo 5,5 puta većom količinom vode nego u avgustu (Gavrilović & Dukić, 2002). Apsolutno maksimalni proticaj na vodomernoj stanici Bivolje zabeležen je 30.IV.1958. godine i iznosio je $342 \text{ m}^3/\text{s}$, a apsolutno minimalni 15.VII.1968. godine i iznosio je samo 200 l/s , dakle bio je 1710 puta manji (Dimitrijević *et al.*, 2007). Da bi se ublažile ovako velike razlike proticaja i zaustavio nanos, u Zlatarskoj klisuri je 1979. godine podignuta brana visine 55 m i formirano jezero „Ćelije“. Njegova zapremina iznosi 60

miliona m³, a voda se koristi za navodnjavanje 200.000 hektara zemljišta i vodosnabdevanje Kruševca i okolnih naselja (Gavrilović & Dukić, 2002).

Tabela 2. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Rasine.

Lokalitet	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
Položaj lokaliteta	600 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	30 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	30 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	200 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	3 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske koordinate	43° 30.086 N 20° 51.868 E	43° 30.140 N 20° 52.114 E	43° 30.168 N 20° 52.237 E	43° 30.181 N 20° 52.367 E	43° 30.085 N 20° 52.887 E	43° 29.649 N 20° 54.134 E
Nadmorska visina (m)	701	675	671	670	656	637
Dubina toka (m)	0,05 – 0,51	0,05 – 0,5	0,09 – 0,3	0,07 – 0,33	0,06 – 0,4	0,06 – 0,38
Širina toka (m)	1 – 6,9	1,7 – 8,2	2,1 – 7,2	1,8 – 4,8	3,1 - 6	3,1 – 8,9
Površina ovlaženog profila (m²)	0,15 – 2,11	0,15 – 1,92	0,19 – 2,43	0,20 – 2,18	0,32 – 1,67	0,45 – 2,08
Brzina toka (m/s)	0,17 – 0,54	0,18 -0,63	0,20 – 0,64	0,24 – 0,61	0,23 – 0,63	0,29 – 0,71
Protok (m³/s)	0,03 – 1,42	0,03 – 1,39	0,05 – 1,53	0,05 – 1,44	0,09– 1,47	0,17 – 1,52
Temperatura vode (°C)	2,5 – 13,5	3 – 14,1	4,5 – 15,1	4,9 – 15,2	5,3 – 17,6	4,8 – 18,7
Priobalna vegetacija	šuma + livada	livada + njiva	—	šuma + livada	šuma + livada	šuma + livada
Regulacija toka	zemljišna	zemljišna + kamenita	betonska + kamenita	betonska + kamenita	zemljišna	zemljišna + kamenita

Nizvodno od akumulacije „Čelije“ do ušća u Zapadnu Moravu u Rasinu utiče 26 manjih vodotokova, čija ukupna dužina zajedno sa rekom Rasinom iznosi 603 km. Najveći vodotokovi ovog dela sliva jesu Nauparska i Lomnička reka (Dimitrijević *et al.*, 2007).

Uzorkovanje makrozoobentosa vršeno je na šest lokaliteta, na delu toka Rasine koji je dug 5,5 km, u okolini sela Mitrovo polje (Slika 8). Odabrano je ukupno šest lokaliteta, prva dva su kontrolna, od kojih je prvi nedaleko od izvora same reke, a drugi neposredno iznad upusta. Karakteristike lokaliteta prikazane su u Tabeli 2.

Sa drugog lokaliteta, voda je usmerena za potrebe pastrmskog ribnjaka lociranog nizvodno. Ribnjak je punosistemski, godišnja proizvodnja konzumne ribe iznosi oko 10 t, a mladi do 2.000.000 jedinki. Ribnjak je betonski, njegova ukupna proizvodna površina iznosi 1400 m², u četiri bazena se gaji konzumna riba, a u dva mladi.

3.1.3. Radovanska reka

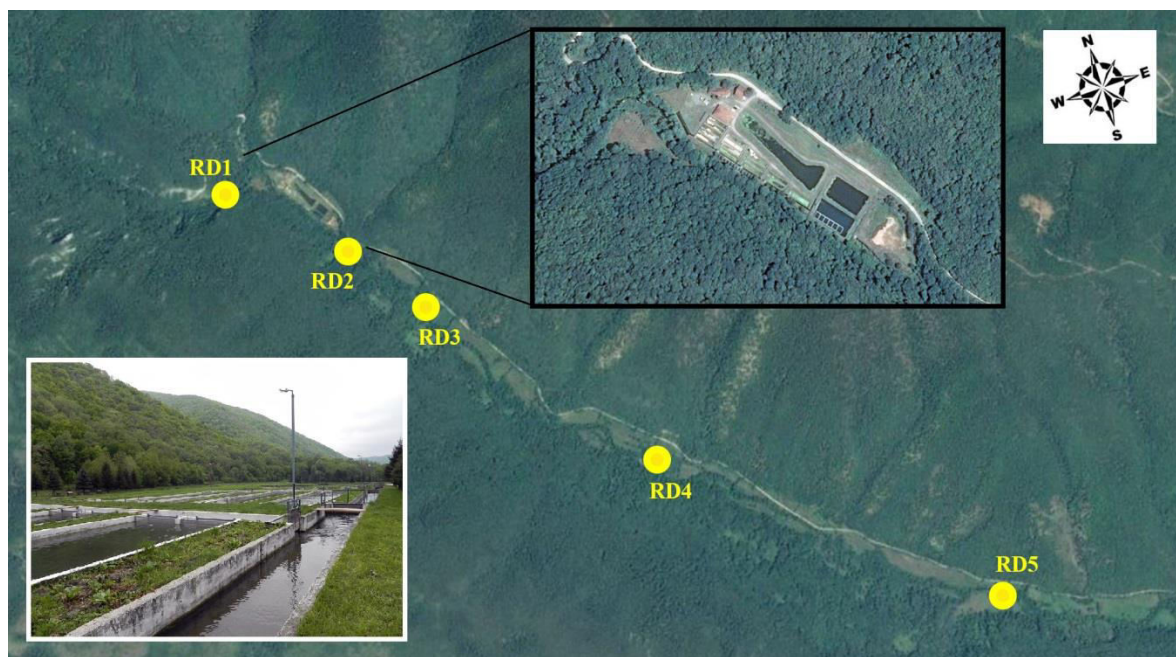
Radovanska reka je desna pritoka CrnogTimoka, tipična brdsko-planinska tekućica, koja u južnom delu ulazi u sastav rečne mreže Kučajske površi (Petrović, 1989). Duga je 21,5 km, a njen prosečni pad iznosi 32,33%.

Izvire na visoravni Tilva Njalte. Istočni krak izvire ispod Kraku Janoša na 820 m nadmorske visine, a zapadni ispod Ilijinog vrha na 960 m (Petrović, 1970).

U svom gornjem toku Radovanska reka ima skoro pravolinijski pravac (jugozapad), zatim laktasto skreće i teče prema jugoistoku, sve do ušća u Crni Timok na visini od 256 m. Na ovom mestu gde menja svoj tok, Radovanska reka useca klisuru Žljeburu u krečnjacima visoravni Bele vode, sa prosečnim padom od 50%. Nizvodno od klisure, dolina je usečena na kontaktu kristalastih škriljaca na severu i mezozojskih krečnjaka na jugu (Petrović, 1970). Kod manastira Krepičevica, Radovanska reka biva opet usečena krečnjacima, sve do ušća. Radovanska reka je ponornica. Ponire u klisuri, u pećinu Pećuru koja se nalazi pri dnu krečnjačke prečage kojom je pregrađeno dno klisure, tako da dolina Radovanske reke do Pećure čini slepu dolinu reke (Petrović, 1970). Kroz suhu dolinu, od Pećure, Radovanska reka protiče samo pri izuzetno visokim vodostajima. U letnjem periodu, količina vode u Radovanskoj reci znatno se smanji, tako da i ne stigne do same pećine. Na udaljenosti 300 m od pećine Pećure, nalazi se pećina Vrelo koja je u podzemnoj komunikaciji sa njom. Radovanska reka nakon poniranja u Pećuri izbija upravo na Vrelo u vreme kada su vodostaji visoki.

Maksimalni proticaj reke je oko 980 l/s, dok u sušnom periodu taj proticaj pada na oko 90 l/s, a to se događa kod izuzetno sušnih godina kada nema padavina u periodu od tri meseca (Tomović *et al.*, 2014). Niski vodostaji vezani su za jesenji period, odnosno za mesec oktobar. Visoki vodostaji se javljaju tokom jesenjih kiša, kao i u prolećnom periodu nakon otapanja snega.

Odabrano je ukupno pet lokalitet na kojima je vršeno uzorkovanje makrozoobentosa (Slika 9). Prvi, kontrolni lokalitet je na samom izvorištu Radovanske reke, a preostala četiri ispod ribnjaka, na međusobnim rastojanjima koja su predviđena ovim istraživanjem. Karakteristike lokaliteta date su u Tabeli 3.



Slika 9. Pozicija lokaliteta na Radovanskoj reci i izgled ribnjaka.

Tabela 3. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta Radovanske reke.

Lokalitet	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
Položaj lokaliteta	100 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	20 m nizvodno od ispusta vode u ribnjaka	500 m nizvodno od ispusta vode u ribnjaka	1,6 km nizvodno od ispusta vode u ribnjaka	3,1 km nizvodno od ispusta vode u ribnjaka
Geografske koordinate	43° 53.802 N 21° 47.062 E	43° 53.666 N 21° 47.274 E	43° 53.458 N 21° 47.484 E	43° 53.066 N 21° 47.946 E	43° 52.597 N 21° 48.867 E
Nadmorska visina (m)	415	380	374	353	336
Dubina toka (m)	0,07 – 0,32	0,07 – 0,48	0,072 – 0,32	0,08 – 0,34	0,095 – 0,42
Širina toka (m)	2,5 – 8,22	2,9 - 6	2,5 – 6,8	5 – 7,9	4 – 7,5
Površina ovlaženog profila (m ²)	0,22 – 1,01	0,37 – 1,32	0,28 – 1,32	0,30 – 1,51	0,47 – 1,46
Brzina toka (m/s)	0,27 – 0,50	0,28 – 0,47	0,24 – 0,53	0,18 – 0,57	0,21 – 0,64
Protok (m ³ /s)	0,07 – 0,56	0,11 – 0,64	0,09 – 0,75	0,11 – 1,02	0,15 – 0,67
Temperatura vode (°C)	6,4 – 10,4	7 – 13,3	7,1 – 13,7	8,1 – 14,2	7,1 – 15,4
Priobalna vegetacija	šuma + njiva	šuma + livada	šuma + livada	šuma + livada	šuma + livada
Regulacija toka	kamenita + zemljišna	zemljišna	zemljišna	zemljišna	zemljišna

Ribnjak je lokalizovan neposredno ispod izvora Radovanske reke (Slika 9) u Jablaničkom okrugu (opština Boljevac), na 820 m nadmorske visine. Smešten je u

kotlini i okružen brdima, sa pogodnom mikroklimom koja ga štiti od vetrova i onemogućava da se voda tokom zimskih meseci zamrzne. Bazeni za uzgoj kalifornijske pastrmke postavljeni su kaskadno u četiri nivoa, a ima ih ukupno osam. Voda se iz ovih bazena sakuplja u jedan veći sabirni bazen, koji ima ulogu taložnika, da bi se zatim preko mernog profila ispustila u reku. Ukupna proizvodna površina je 1643 m², a ukupni proizvodni kapacitet mladi i konzumne ribe je 60 t.

Zbog toga što je smešten na nepristupačnom terenu, ovaj ribnjak je specifičan po tome što koristi obnovljive izvore za dobijanje električne energije tokom cele godine, u vidu energije vode i sunca. Na njemu je projektovan hibridni autonomni sistem koji koristi hidroenergetski i fotonaponski sistem u kombinaciji sa dizel agregatom (Tomović *et al.*, 2014).

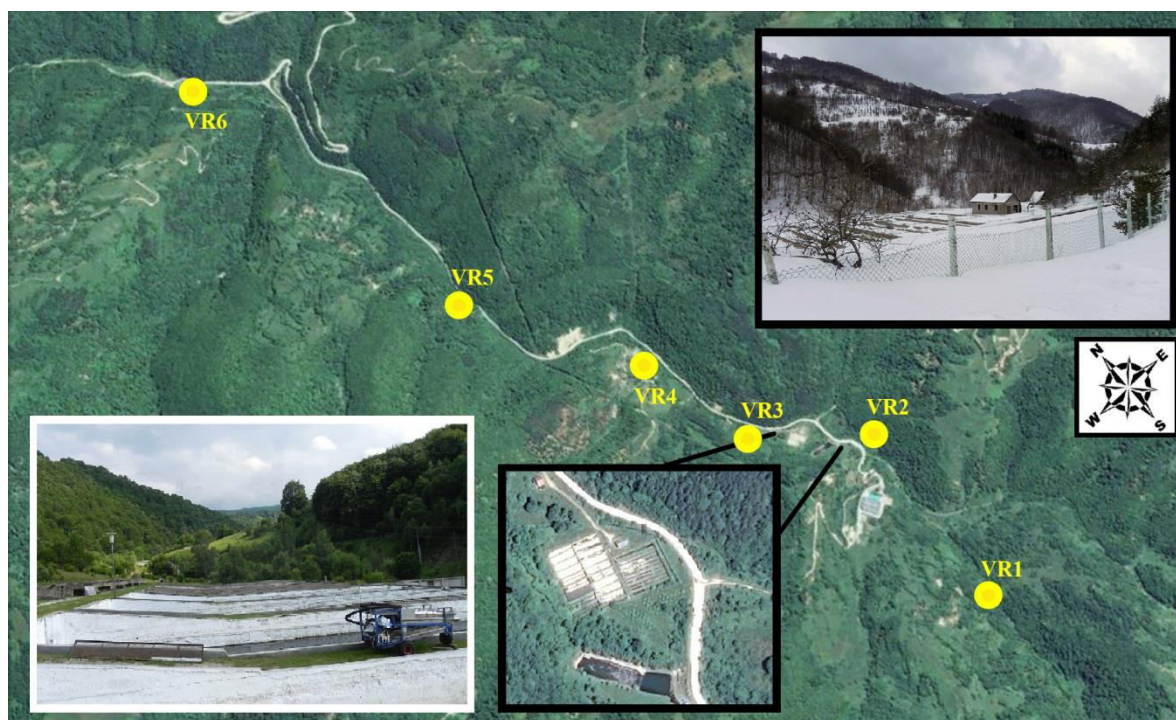
3.1.4. Reka Vrla

Reka Vrla, desna pritoka Južne Morave, smeštena je u jugoistočnoj Srbiji, u okviru Pčinjskog okruga. Smatra se da je deo hidrosistema Vlasina, zbog njene bliske pozicije izvoru reke Vlasine kao i samom Vlasinskom jezeru (Đeković *et al.*, 2010). Svakako, činjenica je da podzemne vode Vlasinskog jezera napajaju vodom reku Vrlu.

Izvire ispod Viljeg kola (1604 m) na padinama planine Vardenik. To je mala reka čija dužina iznosi svega 27 km, sa površinom sliva od 213 km² (Gavrilović & Dukić, 2002).

Najpre teče pravcem jug-sever uskom dolinom, a od sela Valjevice skreće ka zapadu, pošto primi sa desne strane Kojinu reku (Gavrilović & Dukić, 2002). Taj pravac uglavnom zadržava do ušća. Do Surdulice, dolina Vrle je klisurasta, ima karakteristike tipično brdsko-planinske tekućice, sa okolnom šumskom vegetacijom. Ono što dalje karakteriše njen tok jesu snažni erozivni procesi, koji su na različite načine rešeni u smislu podizanja horizontalnih i vertikalnih barijera koji štite korito reke od daljeg procesa erozije. Na delu toka kroz Surdulicu rečno korito je pokriveno betonskim blokovima, a takođe obale su betonski regulisane uz samo šetalište. Generalno, ovaj deo toka se karateriše malom količinom vode. Nizvodno reka teče kroz Masuričko polje i njen proticaj se povećava posle uliva Masuričke reke, kada Vrla dobija odlike

ravničarskog toka. Još neke od reka koje se ulivaju u Vrli i čine njen sliv jesu: Binovska reka, Dubnica, Romanovska, Studenička i Gločka reka. Kod Vladičinog Hana, Vrli se probija kroz tesnac usečen u kristalaste škriljce i u samom gradu uliva se u Južnu Moravu na 329 m n.v.



Slika 10. Pozicija lokaliteta na reci Vrli i izgled ribnjaka.

Dominantan tip matičnog supstrata duž sliva Vrle čine magmatske stene (graniti, granodioriti, daciti i andeziti), a u manjem obimu metamorfne stene.

U dolini reke Vrle izgrađene su tri od četiri hidroelektrane hidrosistema Vlasina-Vrli, dok je četvrta u dolini Južne Morave, kod sela Poloma. Vrli je na svom ušću imala srednji proticaj od $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$, ali je on povećan za skoro 6 puta prevođenjem vode iz Vlasinskog jezera (Gavrilović & Dukić, 2002).

Za ispitivanje uticaja ispusnih voda sa pastrmskih ribnjaka na zajednice maskrozoobentosa u reci Vrli odabrano je ukupno šest lokaliteta (Slika 10), od kojih su dva kontrolna, a četiri locirana ispod ribnjaka (Slika 10). Karakteristike lokaliteta prikazane su u Tabeli 4.

Ribnjak koji se snabdeva vodom sa reke Vrle je betonski (Slika 10), njegova proizvodna površina je 1700 m², a proizvodni kapacitet do 50 t konzumne ribe i 800.000 jedinki mladi.

U vreme istraživanja, ribnjak nije radio punim kapacitetom, proizvodnja se zasnivala na uzgoju samo konzumne ribe. Usled nepovoljne ekonomske situacije na ribnjaku, proizvodnja je bila obustavljena od septembra meseca 2011. godine.

Tabela 4. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Vrle.

Lokalitet	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
Položaj lokaliteta	770 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	50 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	50 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	450 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1,6 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	3,4 km nizvodno od ispusta vode u ribnjak
Geografske koordinate	42° 37.779 N 22° 18.092 E	42° 38.141 N 22° 18.164 E	42° 38.287 N 22° 17.972 E	42° 38.494 N 22° 17.938 E	42° 39.002 N 22° 17.699 E	42° 39.902 N 22° 17.634 E
Nadmorska visina (m)	1142	1098	1072	1056	1017	929
Dubina toka (m)	0,065 – 0,205	0,06 – 0,27	0,06 – 0,215	0,075 – 0,22	0,115 – 0,34	0,09 – 0,36
Širina toka (m)	1,5 - 5	1,7 – 3,6	1,3 – 5,5	1,8 – 4,5	1,7 – 4,2	3,1 – 6,3
Površina ovlaženog profila (m²)	0,09 – 0,52	0,19 – 0,60	0,20 – 0,85	0,17 – 0,72	0,21 – 0,9	0,35 – 0,91
Brzina toka (m/s)	0,23 -0,58	0,28 – 0,62	0,24 – 0,61	0,30 – 0,58	0,28 – 0,52	0,22 – 0,53
Protok (m³/s)	0,03 – 0,30	0,06 – 0,43	0,06 – 0,59	0,06 – 0,52	0,06 – 0,57	0,14 – 0,61
Temperatura vode (°C)	2,2 - 13	2,3 – 13,4	2 - 15	2,3 – 15,2	2,5 – 15,5	2 – 17,3
Priobalna vegetacija	šuma + livada	šuma + žbunovita	šuma + livada	livada	šuma	šuma + livada
Regulacija toka	zemljišna + kamenita	betonska + zemljišna	zemljišna	betonska + zemljišna	zemljišna + kamenita	betonska + zemljišna

3.1.5. Reka Crnica

Reka Crnica predstavlja jednu od najznačajnijih desnih pritoka Velike Morave. Dugačka je 28,6 km, ali istočno od Sisevca nastavlja se u reku Daršljivicu koja se u Kučajski masiv uvlači za još 3,2 km, tako da je ukupna dužina Crnice sa pritokom Daršljivicom 31,8 km (Marković, 1954).

Izvorište Crnice je na 380 m nadmorske visine, u Sisevačkom basenu, na zapadnoj strani Kučajskih planina. Glavni izvor je u vidu starog kraškog vrela, tzv. Staro Vrelo, gde sa još tri kaptirana vrela, Stenjak, Stara i Nova pumpa, ima ulogu u snabdevanju vodom okolnih naselja. Prosečna izdašnost sva tri vrela iznosi oko 2 m³/s (Gavrilović & Dukić, 2002). U blizini Starog vrela nalazi se izvorište termalnih voda sa četiri pojave isticanja, čije se temperature kreću od 24,7 °C do 29 °C (Marković, 1954).

Površina sliva Crnice iznosi 338 km² (Gavrilović & Dukić, 2002). Pored reke Grze koja je jedna od najvećih levih pritoka Crnice u njenom donjem toku, ukupnoj površini sliva doprinose i pritoke Toplik, Vrbica i Suvar (Marković, 1954). Sliv Crnice leži na dodiru dve veće morfološke celine, izvorište se nalazi u okviru Karpatskih planina, dok niži delovi sliva leže u dolini Velike Morave. Najzastupljeniji tip stena u slivu jesu sedimentne stene i to krečnjaci, koji zauzimaju 34% površine sliva. Takođe, ima metamorfnih i magmatskih stena.

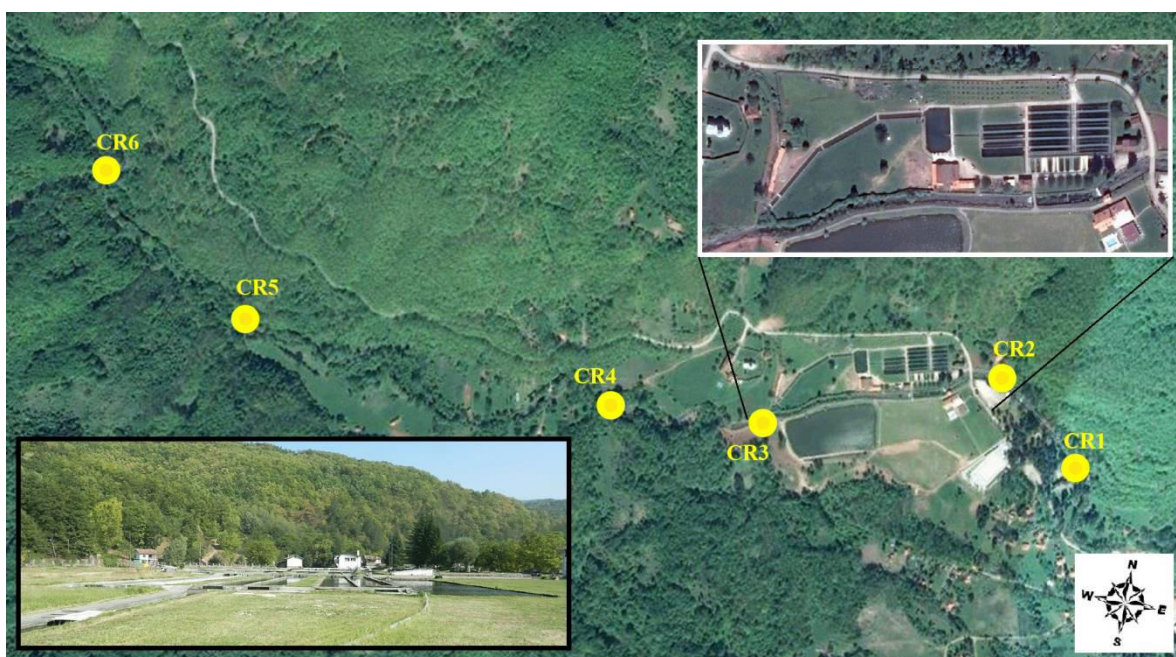
Dolina Crnice je kompozitna. Najpre teče kroz Sisevački basen, po samom izbijanju, a nakon izlaska iz ovog basena stvara dolinu koja je široka preko 500 m i duboka preko 300 m (Marković, 1954). Izlaskom iz ove doline, Crnica useca duboku Crničinu klisuru dugu oko 2500 m i duboku oko 320 m, na čijem delu toka ova reka i zabeležava najveći prosečan pad od 16,6%. Crnica dalje ulazi u Zabrško proširenje na 250 m, da bi zatim u produžetku gradila Zabršku klisuru dugu 1200 m i duboku 160 m i primila najveći broj izvora koji se javljaju na njenom uzdužnom profilu (Marković, 1954). Nizvodno od Zabrške klisure, Crnica teče plitkim koritom kroz široku aluvijalnu ravan poznata kao Davidovački fluvijalni basen. Ispred brda Čukar, Crnica prema Grzi gradi novu klisuru dugu oko 1000 m, a duboku oko 180 m (Marković, 1954). Nakon izlaska iz ove klisure, teče upravno ka Velikoj Moravi i na 120 m n. v. se uliva u nju, zapadno od Paraćina.

Proticaj Crnice varira i u zavisnosti od sezone i u zavisnosti od dela toka. Prosečni proticaj gornjeg dela toka iznosi 1,77 m³/s, da bi se naglo povećao nakon što primi Grzu koja u Crnicu unosi oko 1 m³/s (Marković, 1954). U Paraćinu, u njenom donjem delu toka, protok je najveći i u proseku iznosi 3,52 m³/s, a na samom ušću u Veliku Moravu nešto niži i dostiže vrednosti od prosečno 2,5 m³/s (Marković, 1954).

Crnica najviše vode dobija u proleće usled prolećnih kiša i otapanja snega. Njen najveći vodostaj je u aprilu, kao posledica kasnijeg otapanja snega u višim delovima

sliva, što je praćeno prolećnim kišama, a potom u martu i maju (Marković, 1954). Najmanji vodostaj karakterističan je za oktobar, pa potom septembar, kao posledica smanjene količine padavina. Tokom zimskog perioda, sve do aprila kada dostiže najviši vodostaj, Crnica je bogata vodom, što je posledica padavina koje su izražene u periodu od oktobra do februara i prisustva kraških izvora kojima se ova reka napaja.

Uzorkovanje akvatičnih beskičmenjaka izvršno je na šest lokaliteta na reci Crnici. Dva su smeštena iznad ribnjaka (od kojih je prvi na samom izvoru), a preostala četiri ispod mernog profila ribnjaka (Slika 11). Odlike lokaliteta prikazane su u Tabeli 5.



Slika 11. Pozicija lokaliteta na reci Crnici i izgled ribnjaka.

Ribnjak na reci Crnici je jedan od vodećih po proizvodnji kalifornijske pastrmke u Srbiji, čija godišnja proizvodnja iznosi 70 t konzumne ribe i 600.000 jedinki mlađi. Od 2007. godine na ribnjaku je implementiran ISO 9001 i HACCP standard. Proizvodna površina ribnjaka je 4200 m², ima ukupno 43 bazena različitih dimenzija (Slika 11) raspoređenih u pet baterija. U sušnom periodu, kada količina vode drastično opadne, ribnjak uključuje pumpu kojom je omogućeno vraćanje vode iz izlaza ribnjaka, u cilju nadomešćivanja potrebne količine vode.

Tabela 5. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Crnice.

Lokalitet	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
Položaj lokaliteta	250 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	20 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	20 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	400 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1,3 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1,7 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske koordinate	43° 57.327 N 21° 35.406 E	43° 57.393 N 21° 35.256 E	43° 57.296 N 21° 34.919 E	43° 57.279 N 21° 34.688 E	43° 57.273 N 21° 34.119 E	43° 57.396 N 21° 33.872 E
Nadmorska visina (m)	348	345	342	340	336	334
Dubina toka (m)	0,101 – 0,27	0,07 – 0,32	0,05 – 0,46	0,09 – 0,36	0,05 – 0,35	0,115 – 0,38
Širina toka (m)	2,7 - 8	1 - 5	4,8 – 6,6	5 – 9	4,5 – 8,6	3 – 5,8
Površina ovlaženog profila (m²)	0,42 – 1,11	0,11 – 1,01	0,60 – 1,40	0,53 – 1,87	0,50 – 1,20	0,42– 1,43
Brzina toka (m/s)	0,05 – 0,40	0,14 – 0,49	0,27 -0,43	0,27 – 0,47	0,31 – 0,65	0,18 – 0,47
Protok (m³/s)	0,04 – 0,46	0,01 – 0,49	0,22 – 0,62	0,17 – 0,98	0,19 – 0,84	0,16 – 0,76
Temperatura vode (°C)	9,6 – 11,7	9,8 – 14,1	9,8 – 17,3	9,9 – 15,9	10 – 15,4	10 – 14,8
Priobalna vegetacija	šuma + livada	šuma + livada	šuma	šuma + livada	šuma	šuma
Regulacija toka	kamenita + betonska	kamenita + betonska	zemljišna + kamenita	zemljišna	zemljišna	zemljišna + kamenita

3.1.6. Reka Trešnjica

Reka Trešnjica izvire na jugozapadnoj strani planine Povlena (zapadna Srbija). Duga je 23 km, sa površinom sliva od 88,85 km². Izvire na nadmorskoj visini od 1185 m. Ukupan pad reke je 1005 m, a prosečni relativni pad iznosi 45,5%.

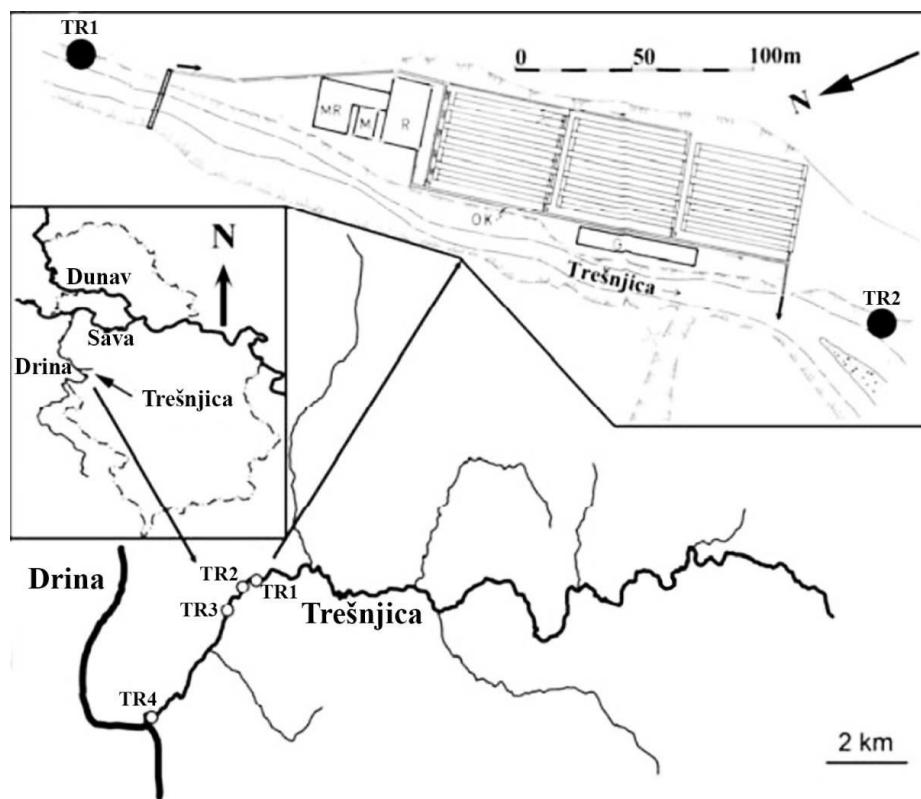
Sliv reke Trešnjice je izrazito brdsko-planinskog karaktera, ispresecan većim brojem pritoka od kojih su važnije Tribuća i Sušica. Tribuća je vodom najbogatija pritoka Trešnjice, koja je duga svega 7 km. Srednjim tokom protiče kroz živopisan kanjon, dug skoro 6 km, usečen u 800 – 1000 m visokoj površi. Svojim donjim tokom razdvaja visoravan Boškovac od gornjokošljanske površi, gradeći skoro neprohodnu klisuru.

Trešnjica se uliva u reku Drinu, koja je pritoka Dunava drugog reda, kod sela Gornja Trešnjica na 180 m. n. v.

Kanjon reke Trešnjice je stavljen pod zaštitu, kao prirodno dobro od izuzetnog značaja (Zavod za zaštitu prirode Srbije), radi očuvanja staništa populacije prirodne retkosti beloglavog supa.

Istraživanja uticaja pastrmskog ribnjaka na makrozoobentos reke Trešnjice obavljena su na četiri lokaliteta (Slika 12; Tabela 6).

Punosistemni pastrmski ribnjak „Riboteks“ nalazi se u donjem delu reke Trešnjice, iz koje se i snabdeva vodom, u granicama zaštićenog prirodnog dobra Specijalnog rezervata prirode „Klisure reke Trešnjice“. Pored snabdevanja vodom iz reke Trešnjice deo vode se u ribnjak dovodi sa Modrog vrela, a koje je locirano na oko 700 m uzvodno uz samu levu obalu reke. Proizvodna površina ribnjaka je 42 ara. Ribnjak se sastoji od vodozahvata (nalaze se na reci Trešnjici oko 200 metara uzvodno od prve baterije ribnjačkih bazena), predtaložnika, glavnog dovodnog kanala otvorenog tipa, sistema dovodnih kanala; 14 bazena za gajenje mlađi u zgradi mrestilišta; 30 betonskih bazena za gajenje starijih uzrasnih kategorija mlađi, konzumne ribe i matica i sistema odvodnih kanala. Ono što je svojstveno ovom ribnjaku jeste zasnovanost na ubacivanju tečnog kiseonika što je doprinelo da se godišnja proizvodnja utrostruči.



Slika 12 Istraživani lokaliteti na reci Trešnjici i položaj ribnjaka „Riboteks“.

U toku 2004.godine proizvodnja ribnjaka iznosila je 213,68 t, a ukupni prirast 154,47 t ribe. Za postizanje pomenutog prirasta u toku 2004. godine utrošeno je 182,69 t hrane, odnosno u proseku 0,5 t dnevno. Za kilogram prirasta gajene pastrmke utrošeno je 1,18 kg hrane. U toku celokupnog perioda istraživanja, voda iz ribnjaka ispuštala se direktno iz proizvodnih bazena u reku Trešnjicu bez prethodnog istaložavanja ekskremenata i nepojedene hrane u taložniku. Za ishranu pastrmke koristila se kvalitetna ekstrudirana hrana (Aqualife 19) proizvođača „BioMar” iz Danske.

Tabela 6. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Trešnjice.

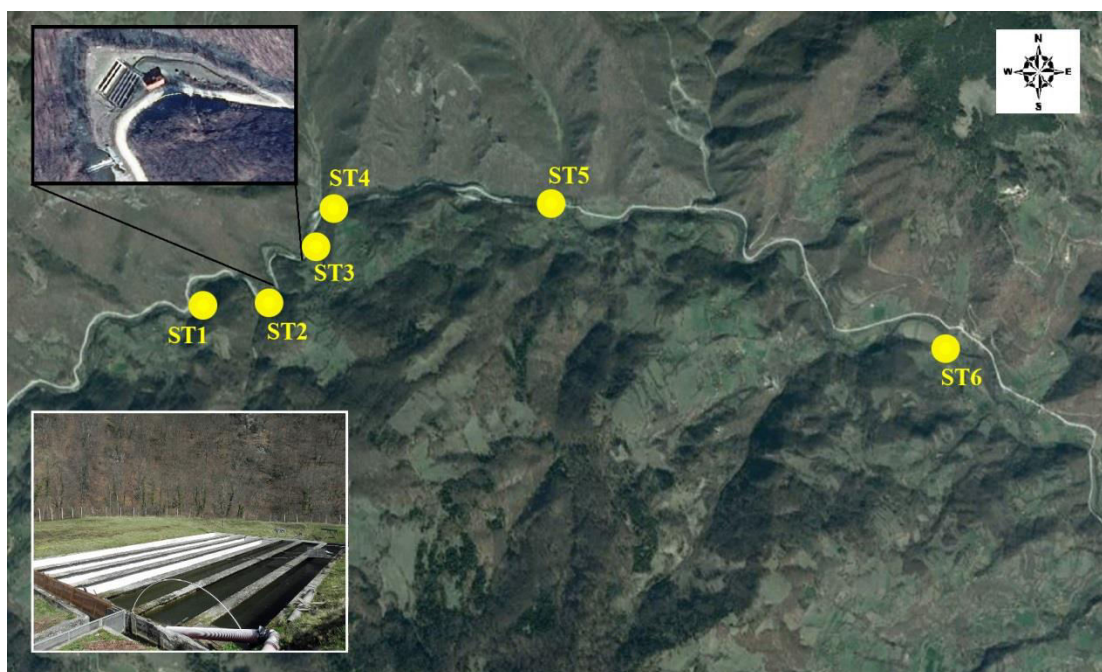
Lokalitet	TR1	TR2	TR3	TR4
Položaj lokaliteta	10 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	20 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	500 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	3,5 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske kordinate	43° 57.393 N 21° 35.256 E	44° 08.287 N 19° 31.322 E	44° 08.162 N 19° 31.110 E	44° 07.135 N 19° 29.634 E
Nadmorska visina (m)	253	241	226	202
Dubina toka (m)	0,16-0,30	0,15-0,37	0,13-0,34	0,12-0,33
Širina toka (m)	7,0-15,0	8,0-15,0	8,0-18,0	6,0-14,0
Površina ovlaženog profila (m²)	1,18-6,69	1,19-4,77	1,28-7,02	0,84-6,56
Brzina toka (m/s)	0,51-1,33	0,86-1,76	0,75-1,76	0,87-2,30
Protok (m³/s)	0,74-3,19	1,44-8,50	1,37-7,79	1,40-7,90
Temperatura vode (°C)	4,6-14,8	4,6-15,4	4,6-14,7	4,3-14,8
Priobalna vegetacija	šuma + livada	šuma	šuma + livada	šuma
Regulacija toka	zemljišna	zemljišna + kamenita	zemljišna	zemljišna

3.1.7. Reka Studenica

Reka Studenica je leva pritoka Ibra, na području njegovog donjeg toka. Dugačka je 60,5 km, a široka 5 – 20 m, sa dubinom 0,3 – 1 m, dok u nekim virovima dubina dostiže i do 3,5 m (Gavrilović & Dukić, 2002). Jedna je od retkih reka koja je skoro celom dužinom svog toka pošteđena od zagađenja otpadnim vodama poreklom od industrije i naselja.

Izvor Studenice čine dva jaka vrela, koja su smeštena na Goliji. Jedno izbija ispod vrha Radulovca na 1720 m, a drugo ispod vrha Odvraćenice na 1610 m (Janković, 2009). Vode sa ovih vrela spajaju se u Crnu reku koja prima nekoliko pritoka (Rabotački potok, Rečica), od čijih sastavaka, na 1100 m nadmorske visine, nastaje Studenica.

Površina sliva Studenice iznosi 582 km² (Gavrilović & Dukić, 2002). U gornjem toku prima Samokovsku reku, Izubru i Dajićku reku, a u srednjem toku Grajićku reku, Savošnicu i Sklapijevac. U donjem toku, njene pritoke čine: Brevina, Kraljska reka i Raduša. Kako navodi Dukić (1951), sliv Studenice ima nepravilan, nesimetričan oblik. Pored dubokih dolina koje Studenica formira sa svojim pritokama, u slivu ima i visokih površi na Goliji. Na 330 m nadmorske visine, kod mesta Ušće, uliva se u reku Ibar. Dominantni tipovi stena koji prevladavaju u slivu jesu nepropustljive stene, kristalasti škriljci i eruptive.



Slika 13. Pozicija lokaliteta na reci Studenici i izgled ribnjaka.

Duž korita reke Studenice, smenjuju se strme klisuraste obale i blage doline koje su obrasle vrbom i jovom. U predelu tesnaca i klisura, korito je kamenito, duboko usečeno, a nizvodno su češći virovi. Dno postaje šljunkovito ili peskovito, na prelasku srednjeg toka u donji tok, a virovi su ređi i manji (Janković, 2009). Studenica ima veliki

prosečan pad od 21,1‰. Od izvorišta do mesta Ostatija, koje se nalazi na 47 km toka Studenica, pad reke iznosi čak 30,8‰ (Janković, 2009).

Tabela 7. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Studenice.

Lokalitet	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
Položaj lokaliteta	500 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	50 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	50 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	400 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1,7 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	4,8 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske koordinate	43° 31.016 N 20° 27.279 E	43° 31.015 N 20° 27.496 E	43° 31.099 N 20° 27.609 E	43° 31.248 N 20° 27.694 E	43° 31.274 N 20° 28.654 E	43° 30.851 N 20° 30.266 E
Nadmorska visina (m)	578	560	558	555	533	488
Dubina toka (m)	0,09 – 0,398	0,145 – 0,38	0,07 – 0,34	0,098 – 0,228	0,08 – 0,32	0,12 – 0,365
Širina toka (m)	7 – 15,6	7,1 – 10,4	10,6 – 17,5	8 – 11,9	9,7 – 14,2	10,2 – 16,6
Površina ovlaženog profila (m²)	1,55 – 4,31	1,66 – 3,81	1,93 – 3,57	1,16 – 2,46	2,12 – 2,78	1,77 – 2,93
Brzina toka (m/s)	0,31 – 0,55	0,36 – 0,61	0,36 – 0,55	0,31 – 0,63	0,35 – 0,62	0,31 – 0,61
Protok (m³/s)	0,86 – 2,19	0,82 – 2,30	0,67 – 3,32	0,40 – 1,89	0,96 – 1,50	0,82 – 1,54
Temperatura vode (°C)	0,7 – 18,8	0,8 - 19	1,4 – 19,1	1,4 – 18,6	1,6 – 18,6	2,2 – 18,5
Priobalna vegetacija	livada + šuma	šuma + sipar	šuma	livada	šuma	šuma + njiva
Regulacija toka	zemljišna	kamenje (sipar) + zemljišna	zemljišna	kamenita + stena (litica)	zemljišna	zemljišna

U zavisnosti od dela toka, proticaj Studenice varira. U gornjem toku srednji proticaj iznosi oko 2 m³/s, u srednjem 3 m³/s, a u donjem oko 8 m³/s (Janković, 2009). Takođe, tokom godine može biti znatno neujednačen, leti može da se smanji do 1,5 m³/l, a posle majskih padavina dostigne i do 203 m³/s (Gavrilović & Dukić, 2002). U periodu od oktobra do decembra, vodostaj Studenice je u porastu usled jakih kiša, da bi u martu i aprilu dostigao maksimum, usled otapanja snega. Od maja do septembra vodostaj na reci Studenici opada (Janković, 2009).

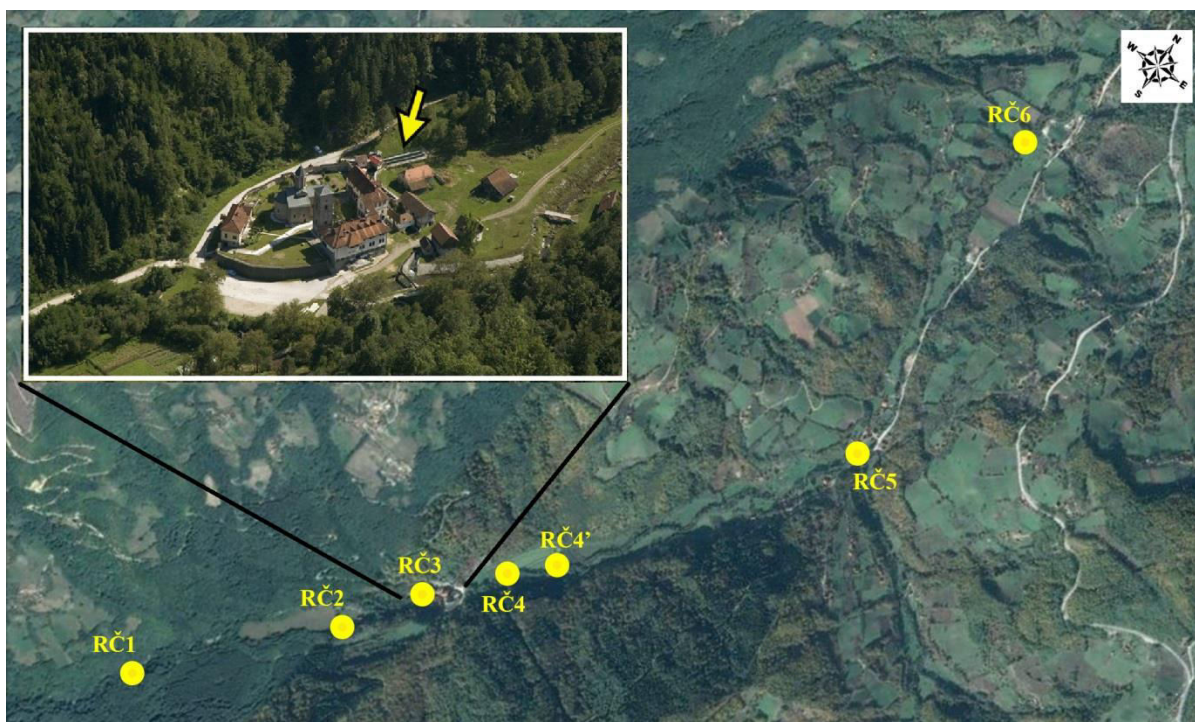
Na reci Studenici odabrano je ukupno šest lokaliteta na kojima je izvršeno uzorkovanje. Dva lokaliteta su smeštena iznad ribnjaka, a njihova međusobna razdaljina je oko 1 km. Odabir kontrolnih lokaliteta je izvršen na ovaj način, usled toga što su izvori Studenice znatno udaljeni i na nepristupačnom terenu. Na razdaljini od ribnjaka

koja su bila predviđena ovim istraživanjem, odabrana su preostala četiri lokaliteta (Slika 13). U Tabeli 8 prikazane su karakteristike istraživanih lokaliteta.

Ribnjak “Jasinje” na reci Studenici je betonski, proizvodne površine 600 m². Organizovan je u vidu tri baterije, tj. šest bazena (Slika 13). Ribnjak godišnje proizvodi oko 30 t konzumne ribe i 400.000 jedinki mlađi.

3.1.8. Reka Rača

Reka Rača dugačka je 19,6 km, čini desnu i neposredna pritoku reke Drine, a ušće se nalazi kod sela Skelani nadomak Bajine Bašte.



Slika 14. Pozicija lokaliteta na reci Rači. Položaj ribnjaka označen je strelicom.

Izvire na severozapadnim obroncima planine Tare, na oko 970 m nadmorske visine. U svom gornjem toku prolazi kroz nepristupačan kanjon, zatim se ponaša kao ponornica. Pre ulaska u kanjon, nalazi se malo jezero Jarevac, koje ujedno predstavlja jedan oblik limnokrenog vrela Rače. Na 498 m nadmorske visine, smešten je jedan od njenih najpoznatijih izvora – Lađevac, subtermalni izvor kraškog porekla (Marković,

1998). Voda sa ovog izvora je mineralna, sa prosečnom temperaturom od 15° C do 18° C. Njegova izdašnost iznosi 50 l/s.

Ukupna površina sliva Rače iznosi 59 km² (Jevtić, 1999). Slivno područje je tipično planinsko, sa strmim padinama i strmom mrežom glavnog i sporednih tokova. Slivni tok je u energetskom smislu osobito moćan, sa prosečnim padom oko od 8%. Veća pritoka Rače je Mala Rijeka, zatim Bezimeni potok u blizini manastira Rača i Živanovića potok nešto uzvodnije od predhodnog.

Tabela 8. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Rače.

Lokalitet	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
Položaj lokaliteta	670 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	30 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	10 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	270 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	450 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	1,6 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	2,9 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske kordinate	43° 55.537 N 19° 32.392 E	43° 55.802 N 19° 32.360 E	43° 55.877 N 19° 32.455 E	43° 55.969 N 19° 32.561 E	43° 56.046 N 19° 32.637 E	43° 56.580 N 19° 33.051 E	43° 57.221 N 19° 32.861 E
Nadmorska visina (m)	386	359	350	337	334	298	273
Dubina toka (m)	0,05 – 0,21	0,03 – 0,15	0,09 – 0,21	0,08 – 0,36	0,1 – 0,34	0,1 – 0,3	0,07 – 0,32
Širina toka (m)	1,6 – 5,3	1,4 – 3,15	2 – 3,4	2,9 – 4,1	2,3 – 4,5	3 – 4,2	2,4 – 5,8
Površina ovlaženog profila (m²)	0,08 – 0,80	0,12 – 0,25	0,21 – 0,30	0,29 – 0,94	0,27 – 0,92	0,34 – 0,90	0,21 – 1,13
Brzina toka (m/s)	0,12 – 0,49	0,51 – 0,62	0,30 – 0,48	0,28 – 0,87	0,22 – 0,64	0,44 – 0,67	0,19 – 0,63
Protok (m³/s)	0,01 – 0,49	0,07 – 0,15	0,07 – 0,13	0,13 – 0,94	0,10 – 0,72	0,19 – 0,68	0,10 – 0,85
Temperatura vode (°C)	5,7 – 14,5	9,1 – 14,4	9 – 14,7	8,2 – 17,3	8,1 – 16,5	8,5 – 16,8	7,5 – 17,3
Priobalna vegetacija	šuma + livada	šuma + žbunovi	livada	livada + šuma	livada + šuma	livada	njiva + šuma
Regulacija toka	zemljišna	zemljišna	betonska	zemljišna	zemljišna	kamenita	betonska

Zbog slabe, nevezane i neotporne podloge, koja je u vidu škriljaca, razvijeni su svi oblici površinske erozije. Ovi procesi, naročito u vidu površinskog spiranja, izraženi su i na levoj strani sliva u okolini manastira Rača. U vreme obilnijih padavina i u periodu topljenja snega, njen vodotok poprima izrazito bujičan karakter. U cilju zaštite manastirskih dobara i postojeće infrastrukture, deo toka Rače u ovom delu je regulisan na dužini od 500 m.

Sliv reke Rače je u hidrološkom smislu neizučen. Tokom perioda projektovanja pastrmskog ribnjaka na reci, Jevtić (1999) u projektu daje podatak da je prosečan godišnji protok vode u reci (iznad regulisanog dela toka) oko $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (ili 500 l/s).

Na reci Rači, odabrano je ukupno sedam lokaliteta (Slika 14). Dva lokaliteta se nalaze iznad ribnjaka, od kojih je prvi $1,5 \text{ km}$ udaljen od izvora Lađevac, a drugi iznad samog upusta vode u bazene. Ostali lokaliteti su smešteni ispod ribnjaka. Razlog odabira još jednog lokaliteta nizvodno od ribnjaka jeste posledica postojanja šaranskog ribnjaka u okviru manastirskog kompleksa. Voda iz šaranskog ribnjaka takođe se ispušta u reku Raču, stoga je bilo od važnosti ispitati da li i šaranski ribnjak može uticati na obogaćivanje nutrijenata u recipijentu. U Tabeli 8 dat je prikaz karakteristika lokaliteta na kojima su rađena istraživanja.

Pastrmski ribnjak "Ihthis" na Rači sastavni je deo manastirskog kompleksa Rača, koji je smešten u samom jazu manastirske vodenice (Slika 14). Ribnjak je u vidu dva razdvojena bazena koja su međusobno povezana istim, zajedničkim tokom vode. Ukupan proizvodni kapacitet na godišnjem nivou je oko $5,5 \text{ t}$, a površina baterija iznosi 147 m^2 . Na ribnjaku se gaji samo konzumna pastrmka.

3.1.9. Reka Mlava

Mlava je reka u Istočnoj Srbiji, ukupne dužine od 78 km . Pripada rekama sa kišno-snežnim režimom umereno kontinentalne varijante (Gavrilović & Dukić, 2002). Izvire iz vrela u vidu potopljene vrtače, kod mesta Žagubica, na 325 m nadmorske visine. Samo vrelo ima izgled jezera, površine 655 m^2 i sa najvećom dubinom 73 m (Gavrilović & Dukić, 2002). Prosečna izdašnost vrela je $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$, a u vreme jačih padavina dostiže vrednost i preko $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gavrilović & Dukić, 2002). Pravi izvori reke Mlave udaljeni su 15 km od Žagubice. Oni su difuznog karaktera gde voda podzemno, u vidu ponornica Crne i Suvodolske reke, dolazi iz dva pravca – sa Crnog vrha i Beljanice do samog vrela Mlave u koje se ulivaju ove dve reke (Gavrilović & Dukić, 2002).

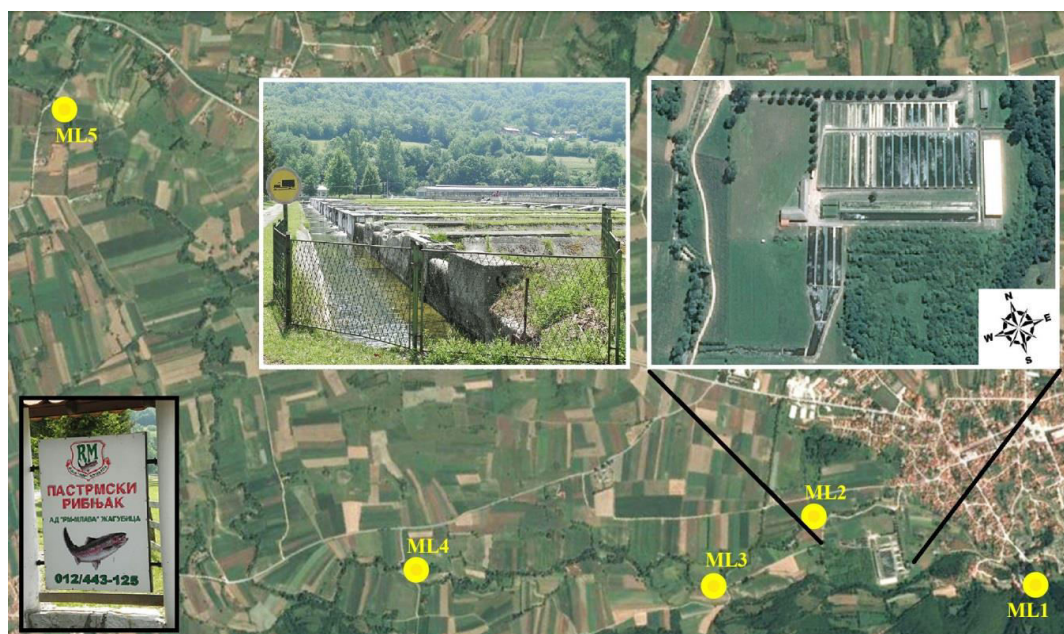
Mlava teče kroz kompozitnu dolinu i odmah po izlasku iz vrela sa desne strane prima pritoku Veliku Tisnicu, reku bujičnog karaktera, koja zajedno sa Mlavom povremeno plavi najniže delove Žagubice. Dalje prolazi kroz aluvijalnu ravan širine do

800 m, da bi kod sela Ribarice ušla u Ribarsko-gornjačku klisuru, dužine 28 km i dubine do 320 m. Po izlasku iz klisure, Mlava protiče kroz kraj poznat pod nazivom Gornja Mlava, gde dostiže širinu 7-10 m i dubinu do 0,9 m. Pružajući se nizvodno od Petrovca, njene obale postaju sve šire, da bi kod Bratinca dostigla širinu od 220 m. Mlava protiče kroz krečnjački teren, gde je njen sam izvorišni obluk usečen u krečnjačke stene različitog položaja, sastava i strukture (Petrović, 2002). Uliva se u levi rukavac, sa desne strane Dunava prema selu Dubovcu.

Prosečna gustina rečne mreže u slivu Mlave jeste 881 m/km². Najveće pritoke su joj Vitovnica, Velika Tisnica, Jošanička, Osanička i Krupajska reka. Najveći prosečni proticaji Mlave na njenom ušću u Dunav je u aprilu – 28,2 m³/s, a najmanji u septembru - 3,08 m³/s (Gavrilović & Dukić, 2002).

Duž gornjeg toka reke Mlave, odabrano je ukupno pet lokaliteta (Slika 15). Prvi, kontrolni lokalitet je na samom izvoru reke sa kog se ribnjak napaja vodom, a ostala četiri smeštena su nizvodno, na udaljenostima od ribnjaka koja su predviđena ovim istraživanjem. Opis uzorkovanih lokaliteta prikazan je u Tabeli 9.

Punosistemni pastrmski ribnjak na reci Mlavi jedan je od vodećih ribnjaka po proizvodnom kapacitetu kalifornijske pastrmke u Srbiji, koji iznosi do 100 t konzumne ribe i 200.000 jedinki mlađi. Proizvodna površina ribnjaka iznosi 13.000 m². Ribnjak poseduje 37 bazena u kome je smeštena konzumna riba i 40 bazena za proizvodnju mlađi.



Slika 15. Pozicija lokaliteta na reci Mlavi i izgled ribnjaka.

Tabela 9. Osnovne karakteristike ispitivanih lokaliteta reke Mlave.

Lokalitet	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
Položaj lokaliteta	250 m uzvodno od vodozahvata za ribnjak	20 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	500 m nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	2,6 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka	6,4 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka
Geografske kordinate	44° 11.498 N 21° 47.038 E	44° 11.844 N 21° 46.515 E	44° 11.820 N 21° 46.159 E	44° 12.133 N 21° 45.131 E	44° 13.488 N 21° 44.635 E
Nadmorska visina (m)	337	303	300	293	284
Dubina toka (m)	0,22 – 0,39	0,07 – 0,29	0,09 – 0,41	0,05 – 0,35	0,07 – 0,53
Širina toka (m)	10 – 12,5	5,6 – 11	7,8 – 10,5	4,8 – 8,5	5,5 - 10
Površina ovlaženog profila (m²)	1,69 – 3,559	0,629 – 1,80	1,11 – 1,83	0,45 – 0,99	1,07 – 1,96
Brzina toka (m/s)	0,058 – 0,09	0,28 – 0,54	0,20 – 0,56	0,30 – 0,78	0,22 – 0,44
Protok (m³/s)	0,06 – 0,31	0,27– 0,77	0, 31 –0,80	0,24 – 0,72	0,27– 0,78
Temperatura vode (°C)	9,1 – 11,4	8,5 – 15,2	7,9 – 16,8	7,7 – 14,6	6,4 – 15,2
Priobalna vegetacija	šuma	livada + njiva	šuma + njiva	livada + njiva	livada
Regulacija toka	zemljišna	zemljišna	zemljišna	zemljišna + betonska	zemljišna

3.2. Analize fizičkih i hemijskih parametara

Tokom istraživanja uticaja ispusnih voda sa pastrmskih ribnjaka na recipijente, na svim rekama i istraživanim lokalitetima, kao i na ispustu vode sa ribnjaka, izvršena su merenja fizičkih i hemijskih parametara. Pojedini parametri su analizirani i izmereni direktno na terenu, dok je za određenu grupu parametara bila neophodna laboratorijska analiza. Svi podaci koji su izmereni ili uočeni direktno na terenu, zabeleženi su u okviru terenskog lista.

3.2.1. Metode za određivanje fizičkih parametara

U toku istraživanja, sledeći fizički parametri su mereni ili analizirani direktno na terenu:

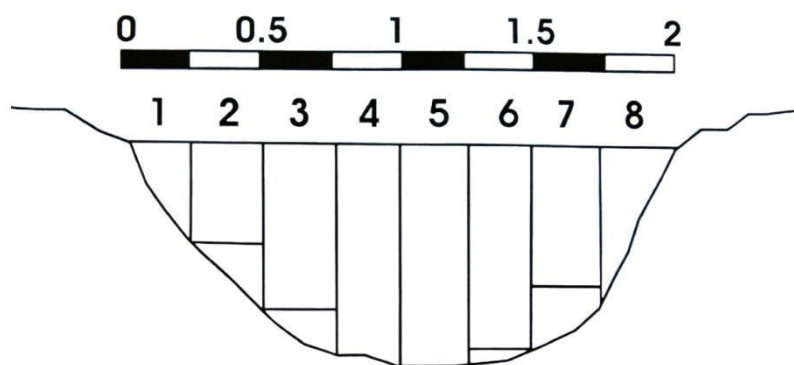
- **Temperatura vode (t_v).** Pomoću temperaturne sonde koja je sastavni deo PCE – PHD mernog uređaja (Nemačka), određena je temperatura vode u rekama. Nakon nekoliko minuta držanja sonde ispod površinskog sloja vode, očitavane su vrednosti temperature i zabeležene u terenski list.
- **Dubina i širina rečnog korita.** Ova dva parametara, čije su vrednosti varirale u zavisnosti od sezone, merena su metrom. Širina toka je izmerena od jedne do druge obale, a dubina na nekoliko mesta, pre svega gde je vršeno uzorkovanje.
- **Određivanje brzine toka.** Brzina toka je merena pomoću mernog instrumenta – brzinometra (GEOPACKS Stream Flowmeter, UK). Njega čine komponentne u vidu propelera koji je preko cevi i kabla spojen sa senzorom i displejom sa kog se očitava brzina. Brzinometar je postavljen na dno korita reke, prvenstveno na onim tačkama gde je vršeno uzorkovanje, duž transekta između leve i desne obale. U Prilogu 3. data je fotografija načina upotrebe ovog mernog instrumenta. Nakon 60 s držanja brzinometra u vodi, očitava se broj obrtaja koji je na datoj tački zabeležen i vrši se preračunavanje brzine pomoću formule:

$$V \text{ (m/s)} = 0.000854C + 0.05$$

gde je **V** brzina toka, izražena u m/s, a **C** broj obrtaja na displeju.

U zavisnosti od brzine toka (cm/s), razlikujemo sledeću podelu rečnog toka (Huet, 1961): 0-10 vrlo spor tok; 10-20 spor; 20-30 prilično spor; 30-50 umeren; 50-70 prilično brz; 70-100 brz i 100-200 vrlo brz.

- **Određivanje protoka.** Protok (Q) je određen na taj način što je ovlašeni profil reke na lokalitetima gde je vršeno uzorkovanje, podeljen na nekoliko podsekcija ili vodenih kolona (Slika 16). Na primer, ako je širina korita reke na datom lokalitetu bila 2 m, ovlašeni profil je podeljen na 8 kolona širine 0,25 m. U okviru svake sekcije, merena su dubina i brzina, a potom je izračunata vrednost protoka (Q), tako što je površina date sekcije pomnožena sa srednjom vrednosti brzine (merene brzinometrom) između dve tačke merenja. U skladu sa konfiguracijom rečnog korita na većini lokaliteta (Slika 16), površina u okviru jedne sekcije je najčešće odgovarala površinama trougla i pravougaonika.



Slika 16. Šematski prikaz podele ovlaženog profila tekućice na podsekcije u cilju određivanja protoka (preuzeto iz Operation manual, GEOPACKS Stream Flowmeter, UK)

- **Analiza zastupljenosti tipa podloge.** Ova vrsta analize izvršena je vizuelnom procenom supstrata, u skladu sa metodom koja je data od strane Paunovića (2007). Sastav supstrata je klasifikovan u pet klasa: fini supstrati – mulj (<0.125 mm), pesak (0,125 – 2 mm), šljunak (2 – 64 mm), kamen (64 – 256 mm) i stena (>256 mm).
- **Određivanje koordinata na terenu.** Nadmorska visina, geografska širina i dužina izmereni su pomoću GPS uređaja (Geko 201, Garmin).

3.2.2. Metode za hemijsku analizu vode

Merenje hemijskih parametara direktno na terenu, izvršeno je korišćenjem prenosnog PCE-PHD uređaja (Nemačka), gde je nakon svakog izlaska na teren vršena kalibracija uređaja i sonde prema uputstvima proizvođača. Vršena su merenja količine rastvorenog kiseonika (O_2 ; mg/l); pH vrednosti i elektroprovodljivosti (**EP**, $\mu S/cm$).

Uzorci vode za laboratorijsku analizu uzeti su na taj način što su polietilenske boce od 1000 i 100 ml uronjene ispod površine vode, suprotno toku reke. Voda je uzeta i sa ispusta (**I**). Voda je odložena u prenosive zamrzivače i u roku od 24 h dopremljena do laboratorije.

Analizirani su sledećih hemijski parametri:

- **Koncentracije anjona:** sulfata (SO_4^{2-}), nitrata (NO_3^-) i hlorida (Cl^-) izmerene su u laboratoriji za vodu Instituta za opštu i fizičku hemiju u Beogradu, upotrebom jonskog hromatografa DIONEX 4000i, korišćenjem EPA metoda (Pfaff, 1993).
- **Ukupni fosfor (P_u) i ortofosfati (PO_4^{3-})** analizirani su u skladu sa APHA protokolima (APHA, 1995), metodom 4500-P E. Način pripreme, odnosno digestija uzoraka prilikom određivanja ukupnog fosfora urađena je po metodi 4500-P B. Analize su izvršene u laboratoriji Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Univerziteta u Beogradu.
- **Jonizovana frakcija amonijaka (NH_4^+)** izvršena je primenom metode P-V-2/B u okviru priručnika standardnih metoda za ispitivanje higijenske ispravnosti (Škunca-Milovanović *et al.*, 1990). Na osnovu jonizovane frakcije amonijaka, izračunata je i njegova nejonizovana frakcija (NH_3) prema metodi koju je dao Newman (1995). Analize su izvršene u laboratoriji Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Univerziteta u Beogradu.
- **Tvrdoća vode (TV)** koja je utvrđena primenom EPA 130.2 metoda. Analize su urađene u laboratoriji Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Univerziteta u Beogradu. Kod nas se tvrdoća često izražava u nemačkim stepenima, gde 10° dH iznosi 10 mg CaCO_3 na 1000 ml vode. Kvalitet vode u odnosu na ukupnu tvrdoću vode (u nemačkim stepenima) može biti: $0-5^\circ$ – veoma meka voda; $5-10^\circ$ – meka voda; $10-15^\circ$ – srednje tvrda voda; $15-22^\circ$ – prilično tvrda voda; $22-30^\circ$ – tvrda voda; preko 30° – veoma tvrda voda.

3.3. Biološke analize

Biološke analize istraživanja podrazumevale su nekoliko koraka, od terenskog sakupljanja uzoraka makrozoobentosa do obrade materijala u laboratoriji.

3.3.1. Prikupljanje uzoraka makrozoobentosa

Uzorci makrozoobentosa sakupljani su kvantitativnom metodom, korišćenjem Surberove mreže zahvatne površine 300 cm² i promera okaca 250 µm. Na svakom od istraživanih lokaliteta, u svim periodima istraživanja, uzeto je po tri probe tj. poduzorka, uglavnom duž transeкта obe strane obale. Uzorkovanje je standardizovano na taj način što je prikupljanje organizama u okviru horizontalnog preklopnog rama, orijentisanog nasuprot vodenom toku, trajalo 10 minuta prilikom uzimanja svake od proba. Nakon detaljnog ispiranja mreže, organizmi koji su dospeli u kolektorsku kesicu na kraju mreže, odloženi su u plastične boce i fiksirani 96% alkoholom. Način uzorkovanja i izgled Surberove mreže nakon prikupljanja mogu se videti na fotografijama datim u Prilogu 3.

3.3.2. Identifikacija organizama makrozoobentosa

Nakon odvajanja organizama od mulja, šljunka i detritusa, izvršena je njihova identifikacija do najnižih mogućih taksonomskih kategorija, vrsta (grupa vrsta) ili rodova, osim u slučaju vodenih grinja (Hydracarina) koje u ovoj studiji nisu određene. Determinacija makrozoobentosa je izvršena u sledećim instucijama: u laboratoriji Instituta za zoologiju Univerziteta u Beogradu – Biološkog fakulteta, (determinacija Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Mollusca, Platyhelminthes, Hirudinea); u okviru Departmana za biologiju i ekologiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu (determinacija pripadnika familije Chironomidae) i Departmana za biologiju i ekologiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu (determinacija Oligochaeta); u Odeljenju za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja »Siniša Stanković« Univerziteta u Beogradu (determinacija pripadnika familije Simuliidae). Determinacija pripadnika familije Gammaridae urađena je od strane prof dr Gordana Karamana u Podgorici. Materijal je deponovan u okviru zbirke vodenih beskičmenjaka u Institutu za zoologiju Univerziteta u Beogradu – Biološkog fakulteta.

Identifikacija organizama je izvršena korišćenjem ZEISS Discovery V8 i BRESSER Science ETD-101 stereomikroskopa, pomoću adekvatne literature: Müller-Liebenau, 1969; Brinkhurst & Jamieson, 1971; Hrabě, 1979; Rozkošny, 1980; Edington & Hildrew, 1981; Pillot, 1984a; 1984b; Nilsson, 1996; Waringer & Graf, 1997; Glöer & Meier-Brook, 1998; Soldán & Landa, 1999; Meisch, 2000; Jacob, 2003; Zwick, 2004; Lechthaler & Car, 2005; Lechthaler & Stockinger, 2005; Vallenduuk & Pillot, 2007; Pillot, 2009; Timm, 2009; Bauernfeind & Soldán, 2012.

3.4. Ekološke analize

Analiza zajednica makroinvertebrata obuhvatila je više aspekata, uz primenu različitih tipova indeksa i metričkih osobina zajednica: indeksa diverziteta, indeksa dominantnosti, saprobnog indeksa, biotičkih indeksa, trofičkih indeksa i indeksa zasnovanih na EPT zajednicama.

Glavni cilj ove ekološke analize bio je da se utvrde koji indeksi i metričke osobine zajednica mogu najbolje oslikati reakciju organizama makrozobentosa na uticaje pastrmskih ribnjaka različitih kapaciteta, pa kao takvi naći efikasnu primenu u biološkom monitoringu brdsko-planinskih tekućica na teritoriji Srbije.

Uticaj zagađenja poreklom iz ribnjaka praćen je i korišćenjem biomarkera, antioksidativnih enzima stresa.

3.4.1. Indeksi diverziteta

Diverzitet zajednica makrozoobentosa procenjen je sa stanovišta alfa diverziteta, procenom bogatstva vrsta i primenom Šenonovog (Shannon & Weaver, 1949).

- **Bogatstvo vrstama (S)** – ukupan broj vrsta u uzorku;
- **Šenonov indeks (H)**, koji uključuje dve komponente, bogatstvo vrsta i ujednačenost broja jedinki po vrstama, izračunava se prema formuli:

$$H = -\sum_{i=1}^{S_i} p_i \ln p_i$$

gde je: p_i – proporcija i -te vrste u uzorku ($p_i = n_i/N$);

n_i – broj jedinki i -te vrste;

N – ukupan broj jedinki;

S_t – ukupan broj vrsta.

Pri izračunavanju ovog indeksa uzima se pored broja vrsta u zajednici i distribucija jedinki po vrstama, koja se prikazuje kao relativna zastupljenost i -te vrste (p_i). Vrednost ovog indeksa kreće se u opsegu od 0 do H_{max} , gde je H_{max} prirodni logaritam ukupnog broja vrsta u zajednici (Krpo-Ćetković *et al.*, 2014).

Indeksi diverziteta izračunati su na nivou cele zajednice makrozoobentosa (S uk, H uk), kao i na nivou EPT grupe (S EPT – ukupan broj EPT taksona; H EPT – Šenonov indeks EPT taksona), familije Chironomidae (S Chi – ukupan broj vrsta Chironomidae; H Chi – Šenonov indeks Chironomidae) i klase Oligochaeta (S Oli – ukupan broj Oligochaeta; H Oli – Šenonov indeks Oligochaeta).

3.4.2. Indeksi dominantnosti

Dominantnost, koju je definisao Tischler (1949), prikazana je na nivou grupa makrozoobentosa, preko relativne brojnosti koja podrazumeva učešće pojedinačnih grupa u odnosu na ukupni uzorak, odnosno kao procentualni izraz brojnosti vrsta u okviru grupa u odnosu na ukupan broj jedinki svih vrsta iz posmatranih grupa.

U odnosu na dominantnost, isti autor je dao podelu na četiri grupe, i to: eudominantne vrste (grupe) čije je učešće preko 10%, dominantne $5 \leq D_i \leq 10\%$, subdominantne $2 \leq D_i \leq 5\%$, recedentne $1 \leq D_i \leq 2\%$ i subrecedentne $0 \leq D_i \leq 1\%$.

Takođe, korišćen je i Simpsonov indeks dominantnosti (Simpson, 1949) koji opisuje kolika je verovatnoća da pri uzorkovanju dve nasumično uzete jedinke iz zajednice pripadaju istoj vrsti.

- **Simpsonov indeks dominantnosti (D)**, izračunava se prema formuli:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{S_t} n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

gde je: **S** – broj vrsta u uzorku;
N – ukupan broj jediniki u uzorku;
n_i - broj jediniki *i*-te vrste.

Vrednost ovog indeksa kreće se od 0 do 1, i što je ova verovatnoća veća, to je i dominantnost jedne od prisutnih vrsta veća, što ukazuje na manji diverzitet zajednice (Krpó-Ćetković *et al.*, 2014). Simpsonov indeks dominantnosti izračunat je na nivou cele zajednice makrozoobentosa (D uk), kao i na nivou EPT grupe (D EPT – Simpsonov indeks EPT taksona), familije Chironomidae (D Chi – Simpsonov indeks Chironomidae) i klase Oligochaeta (D Oli – Simpsonov indeks Oligochaeta).

3.4.3. Biotički indeksi

U ovoj studiji su od biotičkih indeksa korišćeni:

- **Biotički indeks zasnovan na familijama - FBI – *family biotic index*** (Hilsenhoff, 1988). Omogućava detektovanje organskog zagađenja. Izračunava se prema formuli:

$$FBI = \sum \frac{x_i t_i}{n}$$

gde je: **x_i** – ukupan broj jedinki u okviru *i*-te familije;

t_i –toleranca za svaku familiju data u tabeli, definisana u vidu bodova (skorova) od 1-10; veće vrednosti imaju tolerantije vrste, a manje vrednosti netoleratne vrste;

n – ukupan broj jedinki u uzorku.

Što je vrednost FBI indeksa manja, kvalitet vode je bolji. Na osnovu raspona vrednosti FBI indeksa može se odrediti kvalitet vode (Tabela 10).

Tabela 10. Kriterijumi za određivanje kvaliteta vode na osnovu vrednosti FBI indeksa.

Vrednost FBI indeksa	Kvalitet vode	Stepen organskog zagađenja
0,00-3,75	Odličan	Nema org. zagađenja
3,76-4,25	Vrlo dobar	Moguć vrlo mali stepen org. zagađenja
4,26-5,00	Dobar	Umereno org. zagađenje
5,01-5,75	Loš	Značajno org. zagađenje
5,76-6,50	Znatno loš	Dosta značajno
6,51-7,25	Zagađena	Izrazito značajno
7,26-10,00	Izuzetno zagađena)	Teško org. zagađenje

- **Modifikovani *Biological monitoring working party* (MBMWP) i *Average score per taxon* (MASPT) indeksi** (Paisley *et al.*, 2014).

Ovi indeksi predstavljaju modifikovanu verziju originalnog BMWP indeksa (Chesters, 1980). Generalno gledano, u primeni BMWP indeksa jedinke iz uzorka identifikuju se do nivoa familije, a svakoj familiji dodeljuje se definisana vrednost (skor), koji se nalazi u Tabeli 11. Vrednosti iz Tabele 11 (kreću se od 1 do 10) odražavaju njihovu toleranciju prema zagađenju. Netolerantne vrste imaju visoke vrednosti, a vrste koje su tolerantne na zagađenje niske. Sabiranjem skorova svih familija u uzorku dobijamo konačnu vrednost BMWP indeksa. Veće vrednosti ovog indeksa ukazuju na bolji kvalitet vode.

ASPT indeks (*Average score per taxon*) izveden je iz BMWP indeksa, dobija se deljenjem BMWP indeksa sa ukupnim brojem prisutnih familija. Vrednosti oba indeksa govore o kvalitetu vode (Tabela 11).

Korišćene su dve modifikovane verzije BMWP indeksa:

MBMW_{Po} – zasnovan samo na osnovu prisustva familija (*present-only*), izračunava se isto kao klasični indeks, ali podrazumeva nove definisane vrednosti skorova za određene familije.

BMW_{Par} – zasnovan na brojnosti familija (*abundance related*), sa definisanim skorovima u četiri ranga, u zavisnosti od brojnosti familija u uzorku. Ako su familije tolerantne na zagađenje prisutne sa većim učešćem u uzorku, one će imati manje skorove, kao i obrnuto.

U skladu sa ovim indeksima, određeni su i MASPT_{Po} i MASPT_{Ar} indeksi.

Tabela 11. Kriterijumi za određivanje kvaliteta vode na osnovu vrednosti BMWP i ASPT indeksa.

BMWP vrednosti	Kvalitet vode
0-10	Veoma zagađena
11-40	Zagađena
41-70	Izmenjena
71-100	Dobra
>100	Veoma dobra
ASPT vrednosti	Kvalitet vode
>6	Čista voda
5-6	Sumljiv kvalitet
4-5	Umereno zagađenje
<4	Ozbiljno zagađenje

3.4.4. EPT zasnovani indeksi

U okviru EPT zajednica određeni su sledeći indeksi:

- **EPTrel** (MACS, 1996) – procentualno učešće larvi Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera;
- **EPTap** (Barbour *et al.*, 1999) – ukupan broj EPT takosna u uzorku;
- **Bae/Eph** (Živić *et al.*, 2009a) – odnos relativne brojnosti familije Baetidae i ukupnih Ephemeroptera;
- **Bae/Bae+Hep** – odnos relativne brojnosti manje osetljive familije Baetidae i zbira familije Baetide i više osetljive familije Heptagenidae (konstruisan za potrebe ove studije);
- **Hyd/Tri** (Barbour *et al.*, 1992; Hayslip, 1993) – odnos relativne brojnosti manje osetljive familije Hydropsychidae i Trichoptera.

3.4.5. Trofički indeksi – funkcionalne trofičke gilde

Uticaj pastrmskih ribnjaka na trofičku strukturu zajednica makrozoobentosa okarakterisan je procentom:

- **sekača** (% **SHR**, Cummins, 1988);
- **strugača** (% **GRA**, Cummins, 1988);
- **ukupnih sakupljača** (% **COLL**, Cummins 1988) koji podrazumevaju:
 - aktivne sakupljače filtratore (AFIL);**
 - pasivne sakupljače filtratore (PFIL);**
 - sakupljače žeteoce (DET);**
- **predatora** (% **PRE**, Kerans & Karr, 1994).

Na osnovu glavnih trofičkih grupa, izračunata su još dva indeksa:

- **Udeo sekača naspram sakupljača (SHR/COLL);**
- **Udeo aktivnih i pasivnih sakupljača filtratora naspram sakupljača žetelaca (UFIL/DET).**

Kako bi se makroinvertebrati klasifikovali na osnovu njihove trofičnosti, korišćene su tabele priložene u studiji "Fauna Aquatica Austriaca" (Moog, 2002). Takođe, korišćene su skraćenice trofičkih grupa koje su predložene u istoj studiji.

3.4.6. Indeks saprobnosti

Saprobijološka analiza izvršena je na nivou čitave zajednice, korišćenjem indeksa saprobnosti po metodi Zelinke i Marvana (Zelinka & Marvan, 1961), prema formuli:

$$X = \frac{\sum_{i-u}^h hgx}{\sum_{i-u}^h hg}$$

gde je: **X** – saprobni nivo u polju limnosaprobnosti;

h – abundanca;

g – indikativna težina vrste (1-5);

x – deo saprobnih valenci datih za x-ti nivo (broj tačaka u svakom pojedinačnom stupnju).

Za saprobiološku analizu korišćena je lista bioindikatora prema Moog (2002). Na osnovu vrednosti indeksa saprobnosti, moguće je odrediti kvalitet vode i pripadnost određenoj saprobiološkoj zoni (Tabela 12). Sa pogoršavanjem uslova u vodenoj sredini, vrednost saprobnog indeksa raste.

Tabela 12. Pripadnost saprobiološkoj zoni vode na osnovu vrednosti indeksa saprobnosti.

Saprobiološka zona	Oznaka zone	Indeks saprobnosti
ksenosaprobna	χ	<1,00
oligosaprobna	o	1,01-1,50
oligo-beta-mezosaprobna	$o-\beta$	1,51-1,80
beta-mezosaprobna	β	1,81-2,30
beta-alfa-mezosaprobna	$\beta-\alpha$	2,31-2,80
alfa-mezosaprobna	α	2,81-3,30
alfa-mezosaprobna-polisaprobna	$\alpha-p$	3,31-3,50
polisaprobna	p	3,51-4,00

Procena ekološkog statusa istraživanih tekućica na osnovu rezultata saprobnog indeksa po Zelinki i Marvanu izvršena je prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Službeni glasnik RS 74/2011).

3.3.7. RIZI indeks

Longitudinal Zonation Index (LZI) ili indeks longitudinalne zonacije, definisan je od strane Moog (2002) za austrijske akvatične ekosisteme, ali može naći primenu i za šira područja. Široko se upotrebljava za opisivanje i karakterizaciju zajednica makroinvertebrata delova rečnog toka (kontinuum), u cilju procene ekološkog statusa tekućica, kada se koristi kao *RIZI – River longitudinal zonation index* ili Indeks longitudinalne zonacije tekućica.

Izračunavanje RIZI indeksa bazira se na formuli LZI indeksa. Za izračunavanje oba indeksa u slučaju jezera ili velikih reka, neophodno je izvršiti kalkulaciju zonalne

valence za svaku zonu (od eukrenala do profundala). U slučaju RIZI indeksa, koji uključuje tekućice, prvo se vrši rekalkulacija, isključivanjem zona litorala i profundala, na osnovu sledeće formule, za npr. eukrenalnu zonu:

$$euc_{RIZI} = euc + \frac{lit + pro}{euc + hyc + er + mr + hr + ep + mp + hp} \cdot euc$$

gde su: *euc*, *lit*, *pro*, *hyc*, *er*, *mr*, *hr*, *ep*, *mp*, *hp* – longitudinalne valence vrsta (vrednosti: 0-10) koje su za svaku grupu makrozoobentosa navedene u listama priloženim u studiji “Fauna Aquatica Austriaca” (Moog, 2002).

Nakon izvršene rekalkukacije, može se pristupiti izražunavanju zonalne valence za svaku od osam longitudinalnih zona tekućica, prema sledećoj formuli za npr. eukrenalnu zonu:

$$R_{eucRIZI} = \frac{\sum_{i=1}^n euc_{8i} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

gde je:

- $R_{eucRIZI}$ – eukrenalna proporcija ukupne zajednice tekućice;
- euc_{8i} – longitudinalna valenca vrste rekalkulisana za osam biocenotičkih zona;
- A_i – brojnost vrste.

Nakon određivanja longitudinalnih zonalnih valenci za svaku od osam zona, može se pristupiti izračunavanju RIZI indeksa, prema formuli:

$$RIZI = \frac{R_{euc8} + R_{hyc8} \cdot 2 + R_{er8} \cdot 3 + R_{mr8} \cdot 4 + R_{hr8} \cdot 5 + R_{ep8} \cdot 6 + R_{mp8} \cdot 7 + R_{hp8} \cdot 8}{10}$$

gde je:

- $RIZI$ – longitudinalni zonalni indeks za tekućice istraživanog lokaliteta;
- R_{euc8} – longitudinalna valenca eukrenalne zone;
- R_{hyc8} – longitudinalna valenca hipokrenalne zone;
- R_{er8} – longitudinalna valenca epiritralne zone;

- R_{mr8} – longitudinalna valenca metaritralne zone;
- R_{hr8} – longitudinalna valenca hiporitralne zone;
- R_{ep8} – longitudinalna valenca epipotamalne zone;
- R_{mp8} – longitudinalna valenca metapotamalne zone;
- R_{hp8} – longitudinalna valenca hipopotamalne zone.

Na osnovu izračunate vrednosti RIZI indeksa i definisane skale za zone (Tabela 13), određujemo kojoj zoni data zajednica pripada. Procenjujemo da li je došlo do pomeranja zajednice ka zoni potamala usled dejstva nekog stresora, u slučaju ribnjaka, organskog zagađenja.

Tabela 13. Određivanje pripadnosti zajednica makrozoobentosa longitudinalnoj zoni tekućica na osnovu vrednosti RIZI indeksa.

Vrednosti RIZI indeksa	Longitudinalne zone tekućica
0 – 1,25	eukrenalna
1,26 – 2,50	hipokrenalna
2,51 – 3,75	epiritralna
3,76 – 5,00	metaritralna
5,10 – 6,25	hiporitralna
6,26 – 7,50	epipotamalna
7,51 – 8,75	metapotamalna
8,76 – 10,00	hipopotamalna

3.4.8. Korišćenje biomarkera u biomonitornigu – enzimi antioksidativnog stresa

Analiza aktivnosti antioksidativnih enzima stresa (superoksid dismutaza i katalaza) pod uticajem otpadnih voda sa pastrmskih ribnjaka izvršena je korišćenjem vrste *Dinocras megacephala* (Plecoptera: Perlidae), kao model organizma. Ispitivanja su obavljena u Institutu za biološka istraživanja »Siniša Stanković« u okviru Odeljenja za biohemiju i fiziologiju insekata. Materijal za potrebe ove studije prikupljen je samo iz reke Raške u novembru mesecu 2012. godine. Ovakav tip istraživanja je po prvi put urađen na insekatskim organizmima za područje Srbije, kao polazna osnova za dalja

ispitivanja da li akvatični insekti mogu naći primenu u biomonitoringu, u studijama koje ispituju uticaj, pre svega, organskog zagađenja. Za ovu studiju, odabrana su dva kontrolna lokaliteta (RŠ1 i RŠ2) i dva lokaliteta nizvodno od ribnjaka (RŠ3 i RŠ4).

Istraživanje je podrazumevalo nekoliko koraka:

- **Sakupljanje jedinki na terenu.** Jedinke su sakupljane pincetom sa površine kamenja na dva lokaliteta iznad i dva lokaliteta ispod ribnjaka, koja odgovaraju lokalitetima na kome je vršeno uzorkovanje makrozobentosa tokom istraživanja. Direktno na terenu, jedinke su odlagane u kriokontejner sa tečnim azotom, a zatim zaleđene transportovane u laboratoriju.
- **Analiza fizičkih i hemijskih parametara vode.** Osnovni parametri vode: temperatura, rastvoreni kiseonik, pH i konduktivitet mereni su na terenu korišćenjem uređaja PCE-PHD (Nemačka). Analiza ukupnog fosfora, ortofosfata, amonijaka, nitrata, hlorida, sulfata, tvrdoća vode, izvršena je u pomenutim institucijama, korišćenjem standardnih protokola pomenutih u potpoglavlju 3.2. Analiza ukupnih suspendovanih čestica i biološke potrošnje kiseonika izvršena je korišćenjem PASTEL UV uređaja (Secomam, Francuska) u Laboratoriji za vodu Instituta za opštu i fizičku hemiju u Beogradu. Alkalitet je analiziran korišćenjem SRPS EN ISO standarda (SRPS EN ISO, 2007) za određivanje ukupnog (m) i kompozitnog alkaliteta (m) u laboratoriji Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerziteta u Beogradu. Dubina toka je izmerena metrom, brzina toka određena korišćenjem brzinometra (GEOPACKS Stream Flowmeter, UK), a protok je određen kao što je opisano u potpoglavlju 3.2.1.
- **Determinacija jedinki i merenje biomase.** Determinacija jedinki obavljena je korišćenjem ZEISS Discovery V8 stereomikroskopa, pomoću dijagnostičkih karaktera preporučenih od strane Konara i Kostenbergera (Konar & Köstenberger, 2002). Masa svake jedinke merena je pomoću Mettler AE 163 analitičke vage, sa preciznošću od 0,0001 g. Nakon merenja larve su držane u zamrzivaču na -24 °C, do pripremanja homogenata.
- **Priprema homogenata.** Vrednosti komponenti antioksidativne zaštite određivane su iz homogenata celih larvi. Larve su homogenizovane na ledu, u

saharoznom puferu. Homogenati su zatim sonifikovani, a supernatant je izdvojen i zamrznut na -24 °C do izvođenja reakcija.

- **Određivanje koncentracije proteina u uzorcima.** Koncentracija proteina je određivana po Bradfordovoj metodi (Bradford, 1976) korišćenjem govedeg serum albumina kao standarda.
- **Određivanje aktivnosti superoksid dismutaze i katalaze.** Određivanje aktivnosti SOD-a vršena je po metodi Misra & Fridovich (1972), a aktivnosti CAT-a po metodi Beutler-a (1982) u supernatantu uzorka tkiva larve, nakon centrifugiranja.
- **Razdvajanje proteina elektroforezom kod larvi *Dinocras megacephala*.** Elektroforeza je izvršena na nedenaturišućem poliakrilamidnom gelu na 100V, približno 5 sati. (3 replikata). Nakon elektroforeze, gel je tretiran bojama u cilju utvrđivanja aktivnosti enzima superoksid dismutaze (SOD), prema protokolu koji su dali Beauchamp & Fridovich (1971). Intenzitet obojenosti proteinskih traka regiona SOD i CAT enzima analizirani su korišćenjem ImageJ 1.42q softvera.

3.5. Taksonomska analiza vrsta roda *Baetis*

U cilju utvrđivanja raznovrsnosti predstavnika roda *Baetis*, analizirane su larve sakupljene na lokalitetima istraživanih reka. Pregledano je ukupno 29.047 jedinki čija je determinacija izvršena do nivoa vrste, grupa vrsta ili do nivoa roda, u slučaju jedinki na ranijim stupnjevima razvića.

3.5.1 Morfološka analiza larvi roda *Baetis*

Kako bi se izvršila što preciznija determinacija larvi vrsta roda *Baetis*, disekovane su strukture na kojima se nalaze meristički karakteri (13 karaktera, Tabela 14) bitni za razlikovanje vrsta ovoga roda, a potom su pravljene mikroskopski preparati.

Za potrebe identifikacije vrsta, opisa karaktera i pojedinačnih morfoloških struktura konsultovana je relevantna literatura (Müller-Liebenau. 1969; Bauernfeind & Soldán, 2012). Za svaki pojedinačni analizirani karakter razmatrana je njegova upotrebnost kao dijagnostičkog karaktera za potrebe determinacije vrsta. Ovom analizom je obuhvaćeno ukupno 90 jedinki iz sedam vrsta roda *Baetis*.

Tabela 14. Spisak merističkih karaktera analiziranih kod larvi roda *Baetis*.

Karakter	Opis karaktera
Struktura i obojenost glave	-šare na frontoklipeusu -izgled fronsa
Labrum	-broj anteriornih submarginalnih čekinja -centralne čekinje -peraste čekinje
Mandibule	-broj i izgled zubića -izgled prosteke
Maksilarni palpi	-trnovi na 2. segmentu -izgled vrha maksilarnog palpa
Labijum	-izgled glosa i paraglosa -čekinje na 3. segmentu labijalnog palpa -oblik labijalnog palpa -apikalni lobus labijalnog palpa
Hipofarinks	-lingua -superlingua
Pronotum	-šare na pronotumu
Eksremiteti	-šare na femuru -tip čekinja duž ivice femura -broj zubića na tarzalnoj kandžici
Abdominalni tergiti	-obojenost i izgled tergita -izgled distalne ivice tergita
Škrge	-čekinje duž ivica škrge
Cerci i paracerk	-obojenost cerka i paracerka -dužina cerka i paracerka
Paraprokt	-površina paraprokta -broj zubića duž apikalne ivice paraprokta -izgled poterolateralnog proširenja paraprokta

Mikroskopski preparati su pravljani prema metodi datoj od strane Namiotko *et al.* (2011). Medijum za pravljene preparata je glicerol u koji se, na mikroskopsku pločicu, postavljaju disekovane strukture iznad kojih se potom postavlja pokrovno staklo. Da bi se pokrovno staklo fiksiralo, koristi se providni lak za nokte. Izrađeni preparati posmatrani su na mikroskopu Leica DMLB (Leica Microsystems, Germany), a fotografisanje istih obavljeno je pomoću Leica DFC295 kamere (Leica Microsystems,

Germany). Svaka pločica sa disekovnim strukturama je obeležena i deponovana u zbirci Instituta za zoologiju Univerziteta u Beogradu – Biološkog fakulteta.

Na pojedinim strukturama naznačeno je prisustvo čulnih organa tipa *sensillae campaniforme* koje imaju ulogu mehanoreceptora. Prisutvo reljefastog polja sa hitinizovanim zubićima, tzv. *shagreened area*, uočeno je kod pojedinih predstavnika na femurima i paraproktima. Ova struktura može biti naročito informativna za razlikovanje među vrstama. Takođe, filamentozne strukture koje poseduju osnovu koja je artikulisana predstavljaju čekinje, a ako ne poseduju takvu osnovu, tj. ako nisu artikulisane, određene su kao sete. Čekinje i sete čine bitne taksonomske karaktere za determinaciju, napravljena je razlika između različitog tipa čekinja koje mogu biti: ljuspaste (konične, trougaone), filamentozne, peraste, na vrhovima nazubljene ili batinaste.

3.5.2. Molekularna identifikacija vrsta roda *Baetis*

Ukupno 11 primeraka larvi vrsta koje su na osnovu morfoloških karaktere determinisane kao *Baetis alpinus*, *B. vernus*, *B. lutheri* Müller-Liebenau, 1967, *B. fuscatus* grupa i *B. melanonyx* (Pictet, 1843), analizirano je molekularnim metodama (Tabela 15).

Tabela 15. Primerci vrsta roda *Baetis* koji su analizirani molekularnom metodom, lokaliteti i datum sakupljanja i identifikacioni kod kojim su obeležene sekvence.

Vrsta	Lokalitet	Datum	ID
<i>Baetis lutheri</i>	Radovanska reka, Boljevac	10.05.2012	BLU-RD3
<i>Baetis lutheri</i>	Studenica, Golija	15.05.2012	BLU-ST2
<i>Baetis cf. vernus</i>	Mlava, Žagubica	09.05.2012	BVE-ML2
<i>Baetis cf. vernus</i>	Vrla, Vlasina	07.07.2011	BVE-VR2
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Trešnjica, Povlen	15.06.2004	BFU-TR1
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Studenica, Golija	22.06.2011	BFU-ST3
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Rasina, Pleš	05.10.2011	BFU-RA1
<i>Baetis melanonyx</i>	Rasina, Pleš	05.07.2011	BME-RA2
<i>Baetis melanonyx</i>	Vrla, Vlasina	07.07.2011	BME-VR1
<i>Baetis alpinus</i>	Trešnjica, Povlen	17.03.2004	BAL-TR2
<i>Baetis alpinus</i>	Rača, Bajina Bašta	26.02.2012	BAL-RC2

3.5.2.1 Ekstrakcija DNK iz insekata

DNK je ekstrahovana iz pojedinačnih larvi kitom za ekstrakciju Dneasy® Blood & Tissue Kit (QIAGEN). U tubice zapremine 1,5 ml sipano je 20 µl proteinaze K i 180 µl ATL pufera. Kako bi sačuvali primerke za eventualna naknadna morfološka poređenja, cele larve su punktirane sterilnim iglicama i uronjene u prethodno pripremljen miks proteinaze i odgovarajućeg pufera. Nakon vorteksovanja na mešalici 10 min brzinom od 1400 obrt/min, tubice sa larvama su stavljene u vodeno kupatilo na inkubaciju preko noći na temperaturi od 56 °C. Narednog dana, nakon inkubacije, larve su uklonjene iz tubica sa proteinazom i puferom i stavljene u tubice od 1,5 ml sa 96% etanolom kako bi se sačuvali primerci. U daljem postupku ekstrakcije u postojeći rastvor dodaje se 200 µl AL pufera i 200 µl ledeno hladnog etanola i tubice se ponovo na mešalici vorteksuju 10 minuta. Zatim se sadržaj tubica prebacuje u tzv. DNeasy Mini Spin Column, odnosno kolumne sa filterom za ekstrakciju DNK koje na dnu imaju kolektorske tubice. DNK kolumne se centrifugiraju jedan minut pri 8000 obrt/min na sobnoj temperaturi. Nakon toga, kolektorske tubice se bacaju i zamenjuju novim, u koje se uroni DNK minispin kolumna, a zatim doda 500 µl AW1 pufera i ponovo centrifugira minut na 8000 obrt/min. Kolektorske tubice se zamenjuju novim, a zatim dodaje 500 µl AW2 pufera, da bi se minispin kolumne finalno centrifugirale tri minuta na 14.000 obrt/min. Pretposlednji korak je prebacivanje spin kolumni u tubice od 1,5 ml, dodaje se 50 µl AE pufera i inkubira se na sobnoj temperaturi 10 minuta. Finalno se spin kolumne u tubicama centrifugiraju minut na 8000 obrt/min, kada se ekstrahovana DNK ispira sa filtera spin kolumne u rastvor na dnu tubice od 1,5 ml. Ekstrahovana DNK se čuva u zamrzivaču na -20 °C do molekularnih analiza.

3.5.2.2. PCR amplifikacija barkoding regiona mitohondrijalne DNK i sekvenciranje

Molekularni marker korišćen za identifikaciju vrsta roda *Baetis* jeste barkoding region citohrom oksidaze subjedinice 1 mitohondrijalne DNK (COI mtDNK). Standardni set prajmera za umnožavanje barkoding regiona jesu:

LCO1490 (5' GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG 3') i

HCO2198 (5' TAAACTTCAGGCTGACCAAAAAATCA 3') (Folmer *et al.*, 1994).

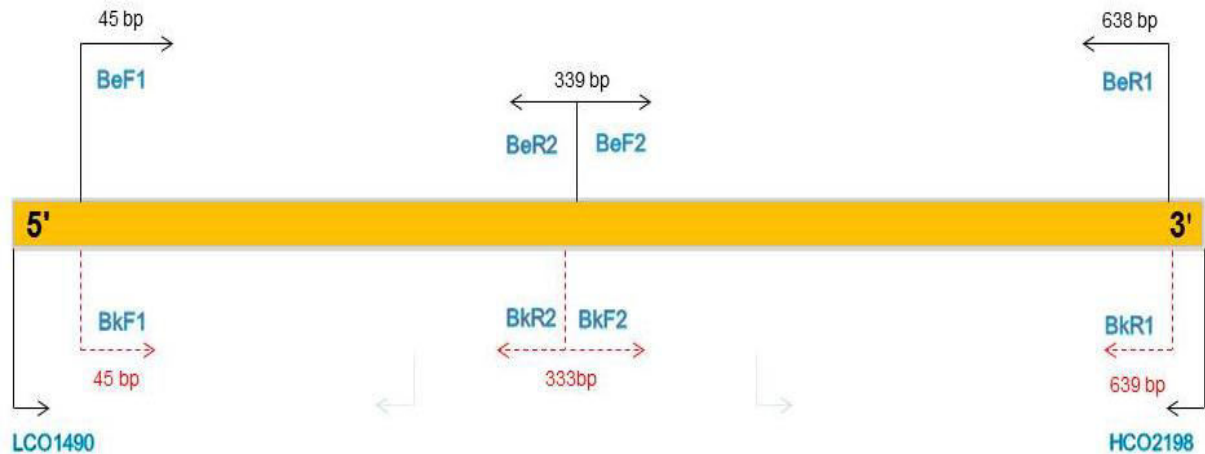
Ovaj par prajmera umnožava mitohondrijalnu DNK kod velikog broja različitih vrsta insekata, međutim u slučaju pet vrsta roda *Baetis* sakupljenih u Srbiji, ovi prajmeri su se pokazali kao nespecifični. Iz toga razloga, dizajnirani su prajmeri specifični za rod *Baetis* (Tabela 16; Slika 17).

Tabela 16. Lista prajmera specifičnih za umnožavanje barkoding regiona COI mtDNK i identifikaciju vrsta roda *Baetis*.

Naziv prajmera	5' → 3' sekvenca prajmera	smer u kome prajmer očitava DNK
BeF1	GGTGCNTGRTCRGGBATRGT	napred (5' → 3')
BeR1	CNCCNCCNCCNGCCGGGTCA	reverzni (3' → 5')
BeF2	GGKGCDDGGNACNGGNTGRAC	napred (5' → 3')
BeR2	GTYSANCCNGTNCCHGCMCC	reverzni (3' → 5')
BkF1	GGKGCCTGGTCGGGBATRGTDDGG	napred (5' → 3')
BkR2	CCMGTMCCCHGCMCCMACATC	reverzni (3' → 5')
BkF2	GATGTKGGKGCDDGGKACKGG	napred (5' → 3')
BkR1	GGGTCBCCCCACCTGCCGGGTC	reverzni (3' → 5')

Svi prajmeri su degenerisani, odnosno u svojoj sekvenci sadrže i druga slova koja nisu A, G, C i T, a koja obeležavaju adenin, guanin, citozin i timin (Tabela 16). Ta slova u degenerativnim prajmerima ukazuju koje baze se mogu naći na tim pozicijama:

- R – adenin (A) ili guanin (G);
- Y – citozin (C) ili timin (T);
- M – adenin (A) ili citozin (C);
- K – guanin (G) ili timin (T);
- H – adenin (A) ili citozin (C) ili timin (T);
- B – citozin (C) ili guanin (G) ili timin (T);
- D – adenin (A) ili guanin (G) ili timin (T);
- N – adenin (A) ili guanin (G) ili citozin (C) ili timin (T).



Slika 17. Šema sa pozicijama prajmera koji su dizajnirani za umnožavanje barking regiona COI mtDNK vrsta roda *Baetis*. Prajmeri BeF1 i BkF1 se koriste kao *forward* prajmeri za čitanje DNK napred u smeru 5' → 3' i pozicionirani su 45 baznih parova od prvog nukleotida prajmera LCO1490. Drugi set internih *forward* prajmera su BeF2 pozicioniran na 339 bp i BkF2 na 333 bp od prvog nukleotida LCO1490 prajmera. Reverzni prajmeri koji čitaju sekvencu u 3' → 5' pravcu su BeR1 na 638 bp, BkR1 na 639 bp, BeR2 na 339 bp i BkR2 na 333 bp od prvog nukleotida LCO1490 prajmera. BkR2 je reverzni komplement od BkF2, a BeR2 reverzni komplement od BkF2 prajmera.

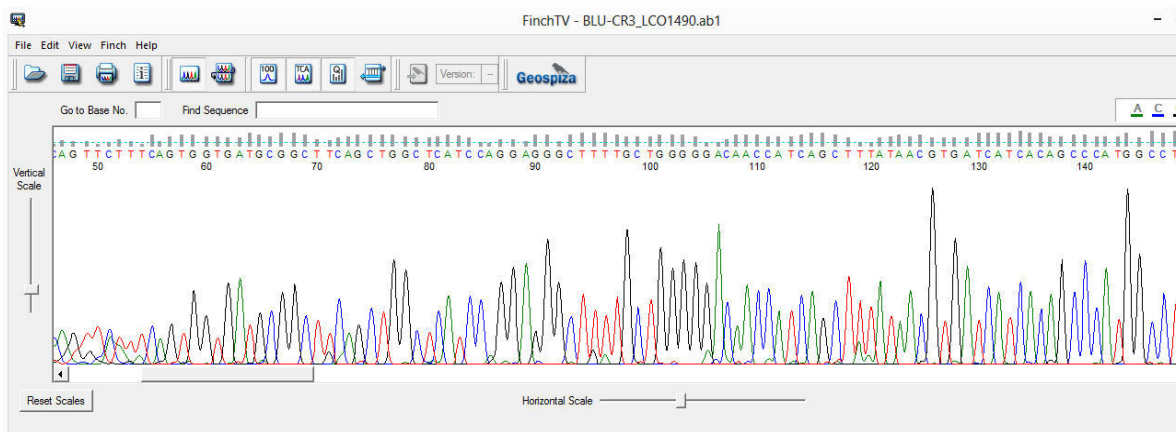
Umnožavanje barking regiona mitohondrijalne DNK urađeno je u zapremini od 40 μ l (4 μ l ekstrahovane DNK+36 μ l PCR miksa), koristeći KAPA® set hemikalija za PCR miks prema sledećem receptu:

- 16.9 μ l H₂O;
- 4 μ l High Yield pufera A sa 1xMg;
- 5.6 μ l MgCl₂ u koncentraciji 2.25 mM;
- 3.2 μ l dNTP (nukleotidi) u koncentraciji 0.6 mM;
- 3 μ l BeF1 (ili BeF2, BkF1, BkF2) u koncentraciji 0.5 μ M;
- 3 μ l BeR1 (ili BeR2, BkR1, BkR2) u koncentraciji 0.5 μ M;
- 0.3 μ l DNA polymerase u koncentraciji 0.05U/ μ l.

Umnožavanje produkata je urađeno u Eppendorf Mastercycler®, prema PCR protokolu:

1. Inicijalna denaturacija 5 min na 95 °C,
2. I 1 min na 94 °C
 II 1 min na 54 °C
 III 30 sec na 72 °C } 35 ciklusa
3. finalna ekstenzija 7 min na 72 °C.

Da bi se proverila uspešnost umnožavanja barkoding regiona, 5 μ l PCR produkta svakog uzorka pušteno je na 1% agaroznom gelu obojenom etidijum-bromidom (60 minuta/struja 100 V, 47 mA). Po isteku vremena, gel se stavlja na UV transiluminator kako bi se fotografisali produkti PCR analize. Dužina produkta se određuje koristeći marker 100 Bp DNA Ladder (SERVA).



Slika 18 Sekvenca barkoding regiona COI gena mitochondrijalne DNK očitana u TV Finch programu.

Umnoženi PCR produkti se šalju u kompaniju MacroGen Inc. u Koreji, koji na automatskom kapilarnom sekvencionatoru rade sekvenciranje i šalju elektronski rezultate u *abi* formatu. Za prevođenje dobijenih fajlova iz *abi* formata koje je proizveo sekvencionator i njihovo kompletiranje, korišćen je program FinchTV ver.1.4.0 (dostupan na www.geospiza.com) (Slika 18). Sekvence COI su analizirane koristeći programski paket ClustalW integrisan u softver MEGA5 (Tamura *et al.*, 2011). Dve svetske baze sekvenci su korišćene za poređenje barkoding sekvenci pet vrsta *Baetis*, dostupne na internet stranicama National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov) i BOLD Systems (<http://www.barcodinglife.org>). Sekvence su analizirane BLAST metodom (Basic Local Alignment Search Tool). Za poređenje nukleotidnog sastava i ocene evolutivnih distanci između barkoding sekvenci, korišćen je Tamura-Nei model (Tamura & Nei, 1993), integrisan u softverskom paketu MEGA 5.

3.6. Statističke analize podataka

Svi dobijeni rezultati izraženi su kao srednja vrednost \pm standardna greška (za sedam istraživanih sezona, $n=7$). Statistička poređenja vrednosti fizičkih i hemijskih parametara, kao i korišćenih indeksa zajednica makrozoobentosa između lokaliteta izvršeno je primenom uparenog (samo u slučaju temperature vode čije vrednosti pokazuju pravilnu sezonsku zavisnost) ili neuparenog (svi ostali parametri) t-testa sa stepenom značajnosti od $P < 0,05$. Za utvrđivanje jačine veze između aktivnosti SOD i CAT enzima i abiotičkih faktora korišćen je Pearson-ov koeficijent korelacije sa stepenom značajnosti od $P < 0,05$. Statistički testovi su izračunati pomoću Sigma Plot 11 softvera (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA). Šenonov i Simpsonov indeks diverziteta izračunavani su pomoću programa BioDiversity professional (McAleece, 1997).

Analiza glavnih komponenti (PCA) pomoću korelacione matrice korišćena je u cilju utvrđivanja međuodnosa između lokaliteta na istraživanim tekućicama, a na osnovu vrednosti abiotičkih parametara vode. PCA analiza je izvršena pomoću XLSTAT programa (verzija 7.5.2; Addinsoft).

Takođe, u analizi enzima antioksidativnog stresa, PCA analiza je primenjena za utvrđivanje veze između sredinskih parametara, aktivnosti SOD i CAT enzima i biomase i brojnosti vrste *Dinocras megacephala* na istraživanim lokalitetima. Ova analiza je izvršena samo na osnovu materijala sakupljenog u jednoj sezoni, sem u slučaju brojnosti, za koju su uzete srednje, godišnje vrednosti.

Zbog toga što su podaci kvantitativni i dati u različitim jedinicama, njihova normalizacija je izvršena na osnovu sledeće jednačine:

$$y_i = \frac{x_i - \bar{X}_i}{SD_i}$$

gde je:

- y_i — transformisana vrednost varijable i ;
- x_i — originalna vrednost varijable i ;
- \bar{X}_i — srednja vrednost varijable i za sve sezone;
- SD_i — standardna devijacija varijable i .

Zajednička analiza abiotičkih i biotičkih parametara izvršena je pomoću analize koinercije (CIA, Dolédec & Chessel, 1994). CIA omogućava da se zajednički grafički prikažu dve matrice podataka koje imaju isti broj redova. Ose koinercije su izračunavane maksimalno uvećavajući kovarijansu faktorskih rezultata koji su određeni u nezavisnim analizama dve ulazne tabele (u našem slučaju obe analize su PCA korelacione matrice amplitude promena abiotičkih, odnosno biotičkih faktora pod dejstvom ribnjaka). CIA je bila metoda od izbora pošto ordinacione metode poput RDA (Analiza redundance) ili CCA (Kanonična korespondentna analiza) ne mogu da analiziraju matrice u kojima je broj redova (u našem slučaju broj reka kojih je 8) manji od broja kolona (u našem slučaju abiotičkih parametara kojih je 9). CIA nema ovakvo ograničenje pošto je zasnovana na regresiji najmanjih kvadrata umesto na multivarijantnoj regresiji poput RDA i CCA (Dray *et al.*, 2003). Pored toga, CIA je jedinstvena po tome što može veoma jasno da prikaže snagu zajedničke strukture između biotičkih i abiotičkih podataka za svaku od istraživanih reka, prikazujući zajedno standardizovane rezultate abiotičkih i biotičkih parametara za svaku od njih. Parovi koji pripadaju istoj reci se povezuju strelicom čija je dužina obrnutu proporcionalna snazi zajedničke strukture. Ova osobina je veoma zgodna ako želi da se grafički jasno prikaže usaglašenost promena u abiotičkim i biotičkim parametrima pod dejstvom nekog spoljnjeg činioca, u ovom slučaju ribnjaka, za svaku od reka. Analiza koinercije je obavljena pomoću ADE-4 programa (Thioulouse *et al.*, 1997).

4. REZULTATI

4.1. Faunistički prikaz zajednica makrozoobentosa na lokalitetima istraživanih tekućica

Faunistički prikaz zajednice akvatičnih makroinvertebrata dat je kroz kvalitativni i kvantitativni sastav njihovih zajednica. Ukupno je na svim uzorkovanim tekućicama identifikovano 368 taksona prikupljenih metodom kvantitativnog uzorkovanja, od kojih je 258 determinisano do nivoa vrste, 13 do nivoa grupe vrsta, 95 do nivoa roda, dok je samo u slučaju dva taksona identifikacija izvršena na višim taksonomskim kategorijama (Prilog 4: Tabela 1). Najveći diverzitet makroinvertebrata zabeležen je na reci Rasini (190 taksona), zatim Rači (177), Radovanskoj reci (175), Crnici (163), Studenici (154) i Vrli (145) nešto manji broj je registrovan na Trešnjici (129) i Mlavi (119), dok je najmanji broj taksona pronađen na reci Raškoj (107).

Unutar zajednica makrozoobentosa ispitivanih tekućica dominantni udeo imale su prevashodno larve različitih redova insekata. Red Diptera sa ukupno 143 taksona (98 identifikovano do nivoa vrste) predstavlja najraznovrsniju grupu uopšte, od kojih čak 102 pripada familiji Chironomidae, 12 je iz familije Simuliidae, dok su preostali dvokrilci iz još 15 različitih manje zastupljenih familija ovog reda. Sa 59 registrovanih taksona (44 do nivoa vrste) iz 14 familija, red Trichoptera predstavlja drugu najdominantniju grupu. Najveća raznovrstnost zabeležena je u okviru familija Limnephilidae (13 taksona), Rhyacophilidae (10), Glossosomatidae (sedam), Goeridae (šest) i Hydropsychidae (pet). Iz reda Ephemeroptera identifikovano je 49 taksona (32 do nivoa vrste). Prepoznato je ukupno sedam familija, a najveću raznovrstnost su imale familije Heptageniidae (17 taksona) i Baetidae (11). Preostale familije su imale manju raznovrstnost, i to: Leptophlebiidae sa šest taksona, po pet su imale familije Caeniidae i Ephemerellidae, u okviru Ephemeridae je determinisano četiri, a iz familije Siphonuridae samo jedna vrsta. Red Plecoptera je učestvovao sa ukupno 41 taksonom iz sedam familija (26 nivo vrste). Taksonima najbrojnije familije jesu: Nemouridae (10

taksona), Perlodidae (osam), Leuctridae (sedam), Perlidae (sedam) i Taeniopterigidae (šest).

Među neinsekatskim grupama makroinvertebrata, najraznovrsnije su Annelidae (36 taksona; 30 identifikovanih do nivoa vrste), od kojih su čak 32 predstavnici Oligochaeta, dok su preostale četiri vrste iz klase Hirudinea. Na lokalitetima ispod pastrmskih ribnjaka pojedinih tekućica registrovane su i vrste iz indikatorski informativne familije Tubificidae. Mekušci su brojali 13 taksona (12 vrsta puževa). Subfilum Crustacea je zabeležen sa 10 taksona (devet determinisanih do vrste), među kojima su naročito interesantne pet identifikovanih vrsta Ostracoda. Pljosnati crvi su registrovani sa pet determinisanih vrsta.

U skoro svim istraživanim tekućicama zabeleženo je prisustvo vodenih grinja iz grupe Hydracarina, čija determinacija nije izvršena. Takođe, njihova brojnost je bila uglavnom niska, tako da su u kvantitativnom prikazu zajednica makrozoobentosa izostavljene. Ovo je važno i za neke druge grupe u pojedinim tekućicama, kao što su npr. Hirudinea, Gammaridae, Turbellaria, Megaloptera, Odonata. Generalno, grupe čije je učešće bilo manje od 1% na svakom od lokaliteta istraživanih tekućica nisu prikazane u kvantitativnoj analizi zajednica makrozoobentosa, izuzev ako na pojedinim lokalitetima nisu imale značaj u oblikovanju zajednica makroinvertebrata.

4.1.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Raške

U reci Raškoj, na pet istraživanih lokaliteta (RŠ1, RŠ2, RŠ3, RŠ4 i RŠ5) pronađeno je ukupno 107 taksona. U Tabeli 17 dat je spisak svih taksona po lokalitetima.

Na prvom i drugom kontrolnom lokalitetu (RŠ1 i RŠ2) registrovana je samo jedna vrsta iz filuma Platyhelminthes – *Dugesia lugubris* (Schmidt, 1861), tipičan predstavnik izvorskih zajednica. U okviru filuma Mollusca određeno je pet taksona (pet rodova, od kojih je četiri determinisano do nivoa vrste). Jedino su vrsta *Valvata cristata* O. F. Müller, 1774 i rod *Pisidium* Pfeiffer, 1821 zabeleženi od prvog do petog lokaliteta. Predstavnici filuma Annelida broje ukupno 17 taksona. U okviru klase Oligochaeta određeno je 13 vrsta, a najveći broj (koje pripadaju familiji Tubificidae),

zabeležen je na lokalitetu RŠ3, ispod ispusne cevi ribnjaka. Takođe, pronađene su i dve vrste pijavica – *Erpobdella testacea* (Savigny, 1820) na svih pet lokaliteta i *Hellobdella stagnalis* Linnaeus, 1758 samo na lokalitetu RŠ5. Mešovite populacije slatkovodnih račića iz reda Amphipoda, *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922 i *G. fossarum* Koch, 1836 sastavni su deo zajednica makrozoobentosa od prvog do petog istraživanog lokaliteta.

Najveći broj registrovanih taksona je među pripadnicima klase Insecta. U okviru reda Ephemeroptera zabeleženo je deset taksona, šest je determinisano do nivoa vrste, a četiri do nivoa roda (*Baetis* sp., *Ecdyonurus* sp., *Ephemerella* sp. i *Paraleptophlebia* sp.). Rod *Baetis* je, sa tri vrste: *Baetis alpinus*, *B. lutheri* i *B. rhodani*, rod sa najvećim brojem determinisanih vrsta u okviru reda Ephemeroptera, koje su prisutne na svih pet lokaliteta. Među predstavnicima reda Plecoptera, zabeleženo je prisustvo šest taksona, sa vrstom *Dinocras megacephala* kao najzastupljenijom. Dve vrste i jedan rod identifikovan je iz reda Coleoptera, pripadnici dve familije Elmidae i Haliplidae. Red Diptera je bio najbrojniji taksonima, sa 49 identifikovanih predstavnika, u deset familija, gde je čak 26 vrsta i tri roda determinisano u okviru familije Chironomidae, koje ujedno čine grupu sa najvećim brojem taksona u reci Raškoj. Familija Chironomidae se karakteriše prisustvom i dve grupe vrsta (*Cricotopus trianulatus* agg. i *Thienemanniella clavicornis* agg.), a rod *Orthocladius* van der Wulp, 1874 ima tri podroda: *Eudactiolocladius* Thienemann, 1935, *Euorthocladius* Thienemann, 1935 i *Orthocladius* van der Wulp, 1874. Red Trichoptera beleži devet determinisanih vrsta i četiri roda, sa rodnom *Rhyacophila* Pictet, 1834 (sa tri vrste: *R. dorsalis* (Curtis, 1834), *R. fasciata* Hagen, 1859 i *R. tristis* Pictet, 1834) najčešće prisutnim na svim lokalitetima.

Kvantitativnom analizom bentofaune reke Raške, najveća ukupna brojnost organizama konstatovana je na lokalitetu RŠ4, dostigavši vrednost od 9757 ± 2392 ind/m² (Slika 19). Na lokalitetu RŠ5 uočen je pad u ukupnoj brojnosti organizama makrozoobentosa, gde je zabeležena i najmanja brojnost od 4972 ± 1024 ind/m². *Dugesia lugubris*, kao jedini predstavnik filuma Platyhelminthes, registrovana je samo na prva dva lokaliteta, sa učešćem od $3,32 \pm 1,058\%$ na prvom lokalitetu, dok na drugom lokalitetu učestalost opada na svega $0,09 \pm 0,06\%$. Niži procenat zastupljenosti zajednice mekušaca uočljiv je na lokalitetu RŠ3, na kom kao grupa postaju

subdominantne, u odnosu na dva kontrolna lokaliteta na kom su eudominantne. Statistički značajna razlika u relativnoj brojnosti mekušaca, zabeležen je između petog lokaliteta i ostalih, usled najnižeg učešća na ovom lokalitetu od $0,38 \pm 0,12\%$ (Slika 19). Klasa Oligochaeta, iako je na prvom lokalitetu kao grupa subdominantna, na trećem lokalitetu postaju dominantna, da bi na poslednja dva lokaliteta (RŠ4 i RŠ5) njihovo učešće poraslo, čineći ih eudominantnom grupom. To je naročito uočljivo na lokalitetu RŠ4, čija relativna brojnost iznosi $19,04 \pm 4,55\%$. Na trećem i četvrtom lokalitetu primetne su snižene vrednosti procentualne zastupljenosti amfipodnih račića, gde je zabeležena statistički značajna razlika u ukupnoj brojnosti između ova dva lokaliteta i ostalih (Slika 19).

Posmatrajući EPT zajednicu, statistički značajne razlike u relativnoj brojnosti nisu zabeležene jedino za red Plecoptera, čije relativne brojnosti nisu bile visoke (najveće učešće registrovano je na lokalitetu RŠ2, od $2,52 \pm 1,04\%$). Zajedno sa redom Coleoptera, najčešće su recendentna grupa. Red Ephemeroptera je zauzeo veliko učešće, na skoro svim lokalitetima bio je eudominantan, izuzev na lokalitetu RŠ5 gde je zabeležen pad relativne brojnosti, ispod 10%. Na lokalitetu RŠ2 registrovan je statistički značajan porast relativne brojnosti vodenih cvetova (Slika 19). Trioptere su na prva tri lokaliteta dominantna grupa, sa najvećim učešćem od $8,57 \pm 2,30\%$ na lokalitetu RŠ2, dok su na lokalitetima RŠ4 i RŠ5 postale recendentna grupa.

Tabela 17. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Raške.

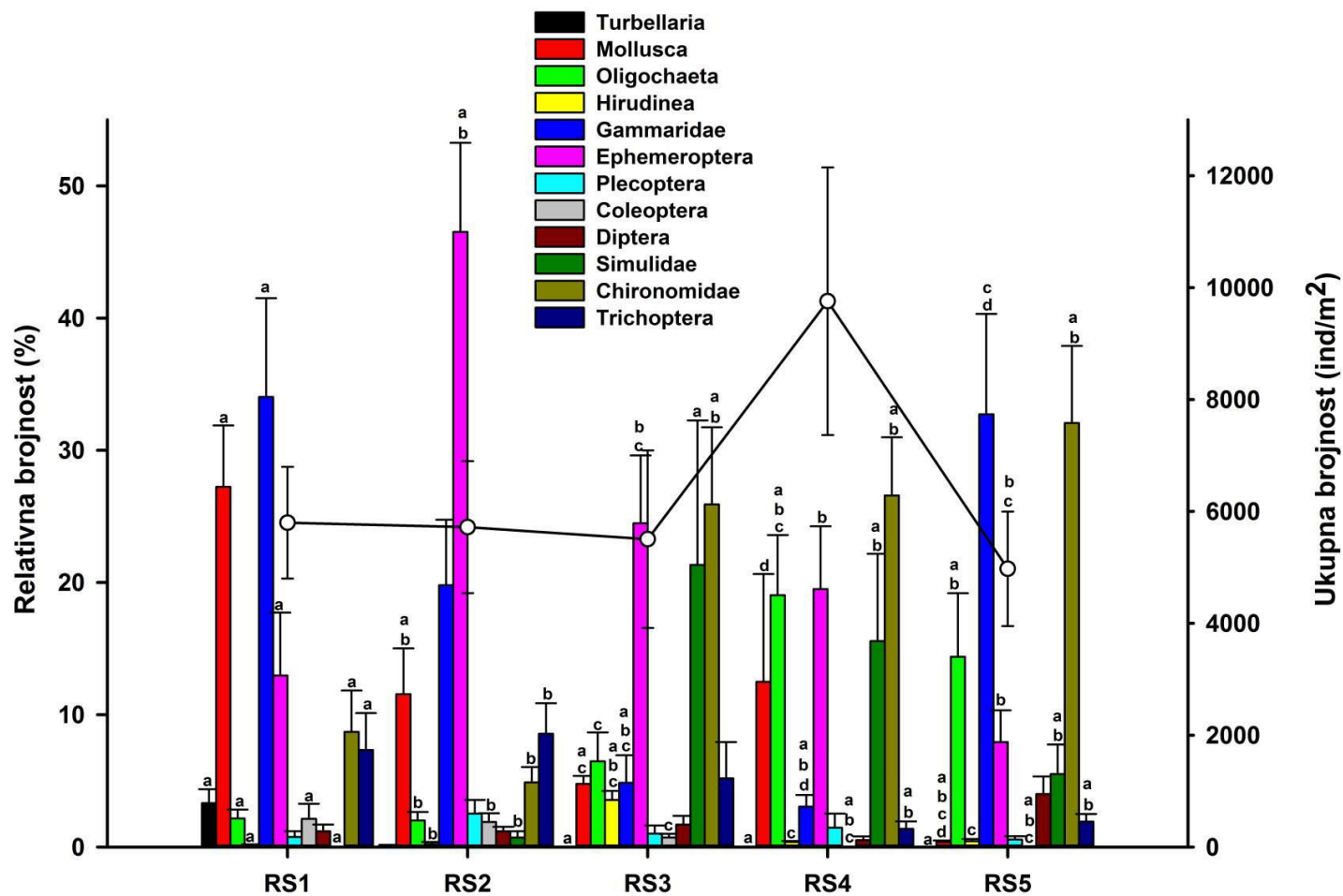
	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RŠ1	RŠ2	RŠ3	RŠ4	RŠ5
Platyhelminthes							
1.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+			
Mollusca							
2.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancyliidae	+	+	+	+	
3.	<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)	Gastropoda – Bithyniidae	+	+		+	+
4.	<i>Lymnaea peregra</i> (Müller, 1774)	Gastropoda – Lymnaeidae	+	+	+	+	
5.	<i>Valvata cristata</i> (Müller, 1774)	Gastropoda – Valvatidae	+	+	+	+	+
6.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae	+	+	+	+	+
Annelida							
7.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+		+
8.	<i>Enchytraeus albidus</i> Henle, 1837	Oligochaeta – Enchytraeidae	+	+			
9.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Haplotaxidae					+
10.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae			+	+	+
11.	<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel, 1868	Oligochaeta – Tubificidae			+	+	
12.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae	+		+	+	
13.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae			+		
14.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae			+		
15.	<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	+
16.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+	+
17.	<i>Pelosclex ferox</i> (Eisen, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae			+		+
18.	<i>Pristina longiseta</i> Ehrenberg, 1828	Oligochaeta – Tubificidae – Pristininae			+		
19.	<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	Oligochaeta – Naididae	+				
20.	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+			+
21.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+	+
22.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae	+	+	+	+	+
23.	<i>Hellobdella stagnalis</i> (Linnaeus 1758)	Hirudinea – Glossiphonidae					+
Crustacea							
24.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+
25.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+
Insecta – Ephemeroptera							
26.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
27.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
28.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
29.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
30.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+		+	
31.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+
32.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+
33.	<i>Ephemerella vulgata</i> Linnaeus, 1758	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+	+
34.	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae				+	+
35.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 17. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Raške.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RŠ1	RŠ2	RŠ3	RŠ4	RŠ5
Insecta – Plecoptera							
36.	<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)	Plecoptera – Nemouridae		+			
37.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera – Perlidae	+	+	+	+	+
38.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera – Perlidae		+			
39.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera – Leuctridae	+				+
40.	<i>Nemurella pictetii</i> (Klapálek, 1900)	Plecoptera – Nemouridae	+		+	+	+
41.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera – Nemouridae					+
Insecta – Coleoptera							
42.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae		+	+		
43.	<i>Haliplus confinis</i> Stephens, 1828	Coleoptera – Haliplidae	+	+			+
44.	<i>Limnius</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+		
Insecta – Diptera							
45.	<i>Antocha vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera – Limoniidae	+	+			
46.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera – Athericidae		+			
47.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera – Athericidae		+			
48.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+
49.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae	+	+			+
50.	<i>Dinocrata bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera – Limoniidae					+
51.	<i>Hamerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+	+	+	+	+
52.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+				
53.	<i>Limnophora riparia</i> (Fallen, 1824)	Diptera – Muscidae	+				+
54.	<i>Nemotelus</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae					+
55.	<i>Ormosia</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+				
56.	<i>Psychoda</i> sp.	Diptera – Psychodidae				+	
57.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae	+	+			+
58.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera – Tipulidae		+			+
59.	<i>Tonnoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae		+	+		+
Insecta – Simuliidae							
60.	<i>Simulium ornatum</i> (Meigen, 1818)	Diptera–Simuliidae		+	+	+	+
Insecta – Chironomidae							
61.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae–Orthoclaadiinae		+	+	+	+
62.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae–Tanypodinae	+				+
63.	<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
64.	<i>Cricotopus triannulatus</i> agg.	Chironomidae–Orthoclaadiinae				+	+
65.	<i>Cricotopus trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+		
66.	<i>Diamesa insignipes</i> sp.	Chironomidae–Diamesinae	+	+	+		+
67.	<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	Chironomidae–Orthoclaadiinae		+	+	+	+
68.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
69.	<i>Heleniella orniticollis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae–Orthoclaadiinae			+		
70.	<i>Macropelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae–Tanypodinae				+	+
71.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae–Chironominae		+	+	+	+
72.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae–Orthoclaadiinae			+		

Nastavak Tabele 17. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Raške.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RŠ1	RŠ2	RŠ3	RŠ4	RŠ5
73.	<i>Natarsia</i> sp.	Chironomidae–Tanytopodinae				+	
74.	<i>Orthocladius (Eudactiolocladius)</i> sp.	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
75.	<i>Orthocladius (Euorthocladius) rivulorum</i> Kieffer, 1909	Chironomidae - Orthoclaadiinae					+
76.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	
77.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+			+
78.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	
79.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae–Orthoclaadiinae		+	+		+
80.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
81.	<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae–Orthoclaadiinae		+			
82.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae–Chironominae			+		
83.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae–Chironominae			+	+	+
84.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae–Chironominae			+	+	+
85.	<i>Polypedilum (Polypedilum) tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae–Chironominae		+		+	
86.	<i>Potthastia gaedii</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae–Diamesinae		+			
87.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae–Diamesinae	+	+	+	+	+
88.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae–Prodiamesinae	+	+	+	+	+
89.	<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+				
90.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae–Orthoclaadiinae			+	+	+
91.	<i>Stictochironomu spictulus</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae–Chironominae				+	
92.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg	Chironomidae–Orthoclaadiinae			+	+	+
93.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer&Thienemann, 1936)	Chironomidae–Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
Insecta – Trichoptera							
94.	<i>Adicella</i> sp.	Trichoptera–Leptoceridae	+	+	+	+	+
95.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera–Glossosomatidae	+	+	+		
96.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera–Hydropsychidae	+	+		+	
97.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera–Hydropsychidae		+	+		
98.	<i>Micrasema</i> sp.	Trichoptera–Brachycentridae	+	+	+	+	+
99.	<i>Micropterna lateralis</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera–Limnephilidae		+			+
100.	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	Trichoptera–Odontoceridae					+
101.	<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera–Rhyacophilidae	+		+		+
102.	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Trichoptera–Rhyacophilidae	+	+	+	+	+
103.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera–Rhyacophilidae	+	+	+	+	+
104.	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834	Trichoptera–Rhyacophilidae	+	+	+	+	+
105.	<i>Sericostoma schneideri</i> (Kolenati, 1848)	Trichoptera–Sericostomatidae	+	+	+		
106.	<i>Silo palipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera–Goeridae	+	+	+	+	
Insecta – Hymenoptera							
107.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita–Ichneumonidae	+	+	+		



Slika 19. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Raške. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y–osi.

4.1.2. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Rasine

U reci Rasini identifikovano je ukupno 190 taksona zajednice makrozoobentosa, na šest istraživanih lokaliteta (RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6). Spisak svih taksona, po lokalitetima, dat je u Tabeli 18.

Najmanji broj taksona registrovan je u filumu Turbellaria, sa jednom vrstom – *Dugesia lugubris*, zatim u subfilumu Crustacea sa dve određene vrste, od kojih jedna pripada dekapodnim rakovima (*Austropotamobius torrentium* Schrank, 1803), a druga amfipodnim račićima (*Gammarus fossarum*). Potom sledi filum Mollusca (klasa Gastropoda) sa tri vrste, gde je *Ancylus fluviatilis* O. F. Müller, 1774 najčešća vrsta, pronađena na svih šest lokaliteta. U okviru filuma Annelida, pronađena je jedna vrsta pijavica *Erpobdella testacea*, na lokalitetima RA2 i RA3, a Oligochaeta su znatno brojnije, sa 13 prepoznatih taksona.

Sa 168 determinisanih taksona, u reci Rasini insekti čine dominantnu komponentu zajednica makrozoobentosa u odnosu na ostale grupe bentosa. EPT taksoni (Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera) su brojni vrstama, zabeleženi su celom dužinom toka istraživanih lokaliteta. Ephemeroptera su brojale 27 determinisanih taksona (15 do nivoa vrsta, devet do nivoa roda i jedan do nivoa podroda – *Helvetoraeticus* Bauernfeind & Soldán, 2012 u okviru roda *Ecdyonurus* Eaton, 1868, kao i dve grupe vrsta roda *Rhithrogena* – *hybrida* i *semicolorata*), Plecoptera 22 detrmnisana taksona (12 vrsta, osam rodova i dve grupe vrsta: *prima-hippopus-inermis* i *fusca*) i Trichoptera 25 identifikovanih taksona (18 vrsta i sedam rodova). U redu Coleoptera pronađeno je šest taksona iz pet familija (Elmidae, Hydraenidae, Scitridae, Gyrinidae i Dytiscidae). Familija Chironomidae je bila najbrojnija taksonima i u redu Diptera, ali posmatrano i u odnosu na sve ostale grupe insekata, sa 63 determinisanih predstavnika. Od ukupnog broja hironomida, determinisano je 44 vrste, sedam grupa vrsta, deset rodova i tri podroda roda *Orthocladius* (*Eudactilocladius*, *Euorthocladius* i *Orthocladius*). Među ostalim predstavnicima reda Diptera zabeleženo je 25 taksona.

Tabela 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
Platyhelminthes								
1.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae		+			+	+
Mollusca								
2.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae	+	+	+	+	+	+
3.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbidae						+
4.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae						+
Annelida								
5.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbriculidae	+					
6.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+	+	+	+	+
7.	<i>Enchytraeus albidus</i> Henle, 1837	Oligochaeta – Enchytraeidae	+			+		
8.	<i>Enchytraeus</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae	+					
9.	<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878)	Oligochaeta – Enchytraeidae					+	+
10.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae			+			
11.	<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Lumbriculidae				+		+
12.	<i>Nais pardalis</i> Pignet, 1906	Oligochaeta – Naididae					+	
13.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae				+	+	
14.	<i>Peloscolex ferox</i> (Eisen, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae			+			
15.	<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	Oligochaeta – Tubificidae	+					
16.	<i>Stylogdrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+	+	+	+
17.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+	+	+
18.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobedellidae		+	+			
Chelicerata								
19.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari			+	+		+
Crustacea								
20.	<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)	Decapoda – Astacidae		+		+		+
21.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Ephemeroptera								
22.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
23.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+	+	+
24.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae			+			
25.	<i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
26.	<i>Baetis (Baetis) scambus</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
27.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
28.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
29.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
30.	<i>Caenis cf. luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	Ephemeroptera – Caenidae		+				
31.	<i>Caenis</i> sp.	Ephemeroptera – Caenidae		+	+	+	+	

Nastavak Tabele 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
32.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+		+
33.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) sp.</i>	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+				
34.	<i>Ecdyonurus sp.</i>	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
35.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
36.	<i>Ephemera (Ephemera) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae		+	+	+	+	+
37.	<i>Ephemera sp.</i>	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+	+	+
38.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+
39.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+	+	+	
40.	<i>Ephemerella sp.</i>	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+
41.	<i>Habroleptoides confuse</i> Sartori & Jacob, 1986	Ephemeroptera – Leptophlebiidae						+
42.	<i>Habroleptoides sp.</i>	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+	+	+		+
43.	<i>Habrophlebia sp.</i>	Ephemeroptera – Leptophlebiidae				+		
44.	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	Ephemeroptera – Leptophlebiidae						+
45.	<i>Rhithrogena hybrida</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+		+		
46.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
47.	<i>Rhithrogena sp.</i>	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
48.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+	+	+	+
Insecta – Plecoptera								
49.	<i>Amphinemura sp.</i>	Plecoptera – Nemouridae – Amphinemurinae	+					
50.	<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)	Plecoptera – Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+	+	+
51.	<i>Brachyptera seticornis</i> (Klapalek, 1902)	Plecoptera – Taeniopterigidae – Brachipterinae	+	+	+	+	+	+
52.	<i>Brachyptera sp.</i>	Plecoptera – Taeniopterigidae – Brachipterinae	+					
53.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera – Perlidae – Perlinae					+	
54.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera – Perlidae – Perlinae	+		+	+		+
55.	<i>Dinocras sp.</i>	Plecoptera – Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
56.	<i>Isoperla grammical</i> (Poda, 1761)	Plecoptera – Perlodidae – Isoperlinae	+	+	+	+	+	+
57.	<i>Isoperla sp.</i>	Plecoptera – Perlodidae – Isoperlinae	+	+	+	+	+	+
58.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera – Leuctridae – Leuctrinae	+			+		
59.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera – Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
60.	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	Plecoptera – Leuctridae – Leuctrinae	+					
61.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera – Leuctridae – Leuctrinae		+	+			
62.	<i>Leuctra sp.</i>	Plecoptera – Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
63.	<i>Nemoura cf. obtuse</i> Ris, 1902	Plecoptera – Nemouridae – Nemourinae		+		+	+	

Nastavak Tabele 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
64.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera – Nemouridae – Nemourinae	+		+	+		
65.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera – Perlidae – Perlinae	+			+		
66.	<i>Perla pallida</i> Guerin, 1838	Plecoptera – Perlidae – Perlinae		+				
67.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera – Perlidae – Perlinae	+		+			+
68.	<i>Perlodes microcephalus</i> (Pictet, 1833)	Plecoptera – Perlodidae – Perlodinae		+	+	+	+	+
69.	<i>Protonemura praecox</i> (Morton, 1894)	Plecoptera – Nemouridae – Amphinemurinae	+	+		+		
70.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera – Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Coleoptera								
71.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
72.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+	+
73.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae	+	+	+	+	+	+
74.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae	+					+
75.	<i>Platambus</i> sp.	Coleoptera – Dytiscidae			+			
76.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera								
77.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera – Tipuloidea – Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+	+	+
78.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+		+
79.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+
80.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+
81.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blephariceraidae	+	+	+	+	+	+
82.	<i>Chrysopilus auratus</i> (Fabricus, 1805)	Diptera – Rhagionidae		+	+	+		
83.	<i>Clinoceranigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae	+	+		+	+	+
84.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera – Tipuloidea – Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+	+
85.	<i>Dixa</i> sp.	Diptera – Dixidae	+					+
86.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+	+	+	+	+	+
87.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae	+	+	+	+		
88.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera – Tipuloidea – Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+	+	+
89.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera – Tipuloidea – Limoniidae – Limnophilinae		+		+	+	+
90.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+	+	+	+	+	+
91.	<i>Psychoda</i> sp.	Diptera – Psychodidae		+	+	+		
92.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae		+	+	+	+	+
93.	<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	Diptera – Tipuloidea – Tipulidae	+	+	+	+	+	+
94.	<i>Tonoirella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae	+		+			
Insecta – Simuliidae								
95.	<i>Simulium (Eusimulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae					+	

Nastavak Tabele 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
96.	<i>Simulium (Simulium) argyreatum</i> Meigen, 1838	Diptera – Simuliidae	+					
97.	<i>Simulium (Simulium) intermedium</i> Roubaud, 1906	Diptera – Simuliidae	+					
98.	<i>Simulium (Simulium) reptans</i> (Linnaeus, 1758)	Diptera – Simuliidae	+					
99.	<i>Simulium (Simulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+
100.	<i>Simulium (Simulium) variegatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae	+					
101.	<i>Simulium sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+
	Insecta – Chironomidae							
102.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
103.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
104.	<i>Chironomus sp.</i>	Chironomidae – Chironominae – Chironomini			+			
105.	<i>Conchapelopia sp.</i>	Chironomidae – Tanypodinae – Pentaneurini	+	+	+	+	+	+
106.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Tanypodinae – Pentaneurini		+	+	+	+	+
107.	<i>Corynoneura antenalis</i> (Kieffer, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae			+		+	
108.	<i>Corynoneura coronate</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae			+			
109.	<i>Corynoneura scutellata</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+		+
110.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+	+
111.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladiinae			+		+	
112.	<i>Demicryptochironomus sp.</i>	Chironomidae – Chironominae – Chironomini		+	+		+	
113.	<i>Diames adampfi</i> gr.	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini			+		+	
114.	<i>Diamesa incallida</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini						+
115.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+
116.	<i>Diamesa sp.</i>	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini		+	+			
117.	<i>Diamesa tonsa</i> (Haliday, 1856)	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini		+	+	+	+	
118.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini		+	+	+	+	+
119.	<i>Epoicocladus flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladiinae				+	+	+
120.	<i>Eukiefferiella brevicealcar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae			+		+	+
121.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		+
122.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	+
123.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae					+	
124.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+	
125.	<i>Heterotrissocladus marcidus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae						+
126.	<i>Limnophyes sp.</i>	Chironomidae – Orthocladiinae					+	
127.	<i>Macropelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae – Tanypodinae – Macropelopini		+		+		

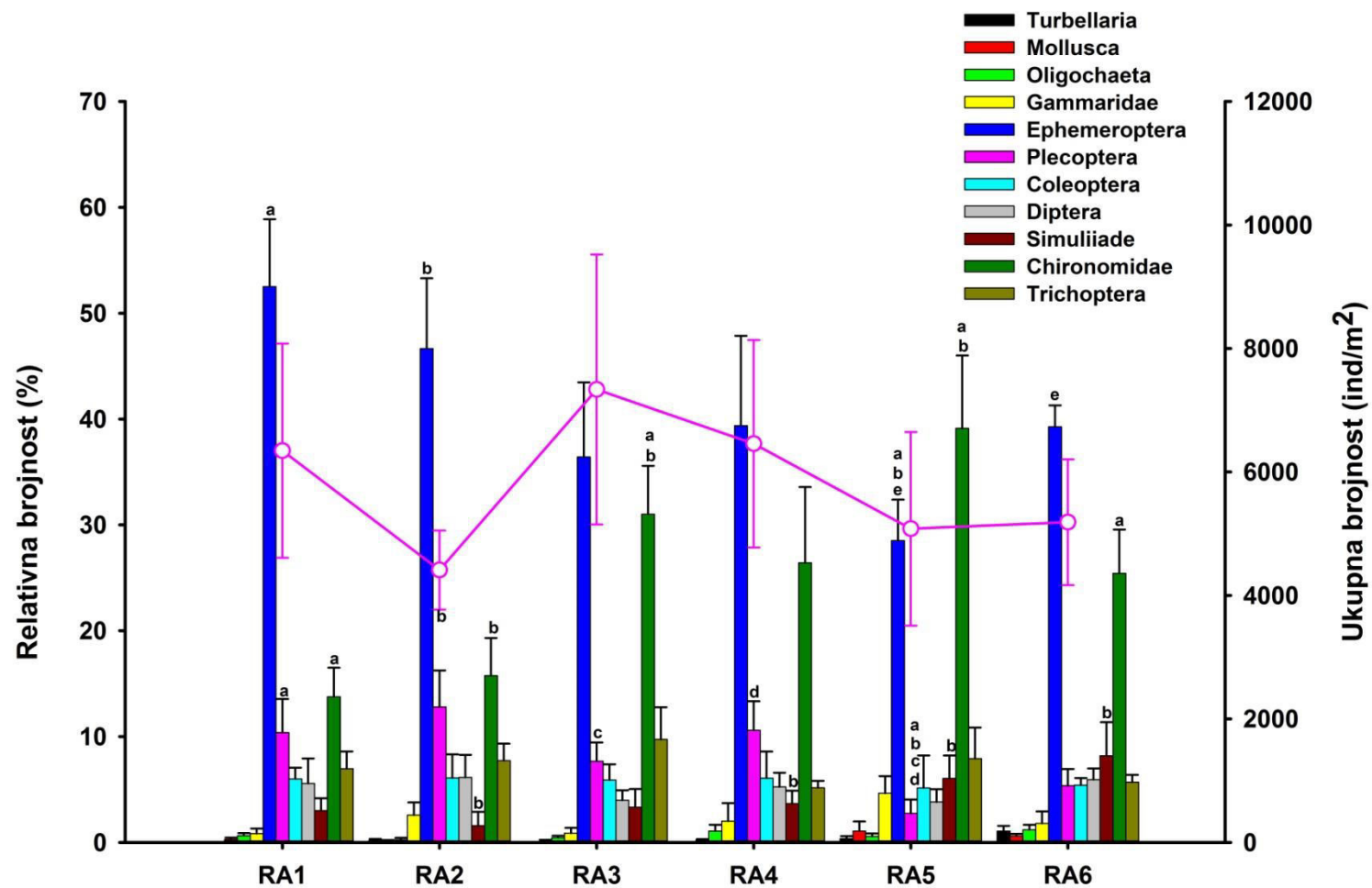
Nastavak Tabele 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
128.	<i>Micropsectra bidentata</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae – Chironominae – Tanytarsini					+	
129.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae – Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+	+
130.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini			+			+
131.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+					+
132.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae – Orthoclaadiinae					+	
133.	<i>Nilotanytus dubius</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae – Tanypodinae – Pentaneurini					+	
134.	<i>Orthoclaadius (Eudactiloclaadius)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+	+
135.	<i>Orthoclaadius (Euorthoclaadius) rivulorum</i> Kieffer, 1909	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+	
136.	<i>Orthoclaadius (Euorthoclaadius)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+		+	+	+	
137.	<i>Orthoclaadius (Orthoclaadius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthoclaadiinae			+		+	+
138.	<i>Orthoclaadius (Orthoclaadius)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
139.	<i>Paracladopelma laminatum</i> (Kieffer, 1921)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini				+		
140.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
141.	<i>Paratanytarsus austriacus</i> (Kieffer, 1924)	Chironomidae – Chironominae – Tanytarsini			+	+		
142.	<i>Paratendipes nudisquama</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini		+				
143.	<i>Paratrachoclaadius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+	+
144.	<i>Paratrisoclaadius excerptus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+		+	+		+
145.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) cf. tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini		+		+		+
146.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini			+			
147.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+
148.	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini				+	+	
149.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini					+	+
150.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae – Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+
151.	<i>Procladius</i> spp.	Chironomidae – Tanypodinae – Procladini			+			
152.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae			+		+	+
153.	<i>Psectrocladius barbimanus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		
154.	<i>Rheocricotopus (Psilocricotopus) chalybeatus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+	+	+
155.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) efusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	
156.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
157.	<i>Rheopelopia</i> sp.	Chironomidae – Tanypodinae – Pentaneurini			+			

Nastavak Tabele 18. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
158.	<i>Rheosmittia spinicornis</i> (Brundin, 1956)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			+	
159.	<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+
160.	<i>Tanitarsus</i> sp.	Chironomidae – Chironominae – Tanytarsini			+			+
161.	<i>Tanypus dubius</i> Meigen, 1804	Chironomidae – Tanypodinae – Tanypodini	+		+			
162.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	
163.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
164.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+		
Insecta – Trichoptera								
165.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+		+		+	+
166.	<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Brachycentridae		+	+		+	+
167.	<i>Drusus botosaneanui</i> Kumanski, 1968	Trichoptera – Limnephilidae	+	+		+		
168.	<i>Glossosoma conforme</i> Neboiss, 1963	Trichoptera – Glossosomaidae	+					
169.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+	+	+			
170.	<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+		
171.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae		+				
172.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+		
173.	<i>Halesus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae				+		
174.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
175.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
176.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
177.	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Lepidostomatidae	+					
178.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae				+		
179.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+				
180.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae	+		+	+	+	
181.	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	Trichoptera – Philopotamidae	+					+
182.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae						+
183.	<i>Potamophylax rotundipennis</i> (Brauer, 1857)	Trichoptera – Limnephilidae	+					
184.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+	+	+		
185.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
186.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
187.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae	+		+	+	+	+
188.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+	+
189.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+	+		+	+
Insecta – Hymenoptera								
190.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae				+		

Analizom podataka koji se odnose na kvantitativni sastav makroinvertebrata u reci Rasini, najveća ukupna brojnost konstatovana je na lokalitetu RA3, neposredno ispod pastrmskog ribnjaka, koja iznosi 7337 ± 2187 ind/m². Najmanja brojnost registrovana je na drugom lokalitetu, sa 4411 ± 640 ind/m². Procentualno najzastupljenija grupa jeste insekatski red Ephemeroptera, sa najvećim učešćem od $52,52 \pm 6,37\%$ na lokalitetu RA1. Relativna brojnost ove grupe opada na lokalitetu RA3, ali nije zabeležena statistički značajna razlika u učešću između prva dva kontrolna lokaliteta (RA1 i RA2) i trećeg (RA3), međutim jeste između ova dva lokaliteta i petog (RA5), gde relativna brojnost Ephemeroptera opada na $28,52 \pm 3,86\%$ (Slika 20). Na lokalitetu RA5 raste učešće familije Chironomidae, koja je zajedno sa redom Ephemeroptera eudominantna grupa na svim lokalitetima (Slika 20). Takođe, na istom lokalitetu zabeležena je smanjena procentualna zastupljenost plekoptera, gde je uočena statistički značajna razlika u odnosu na prva četiri lokaliteta, tako da je na ovom lokalitetu ona subdominantna grupa (Slika 20). Relativna brojnost trihoptera je bila manje – više uravnotežena, kretala se od $5,69 \pm 0,69$ do $9,73 \pm 3,04\%$, čineći je, zajedno sa redom Coleoptera, dominantnom grupom na svim istraživanim lokalitetima. Među predstavnicima reda Diptera, ističu se i taksoni iz familijae Simuliidae, čija brojnost raste od četvrtog (RA4) ka šestom lokalitetu (RA6). Grupe sa najnižom učestalošću su Turbellaria, Mollusca i Oligochaeta koje su uglavnom subrecedentne, izuzev na pojedinim lokalitetima gde je njihova učestalost veća od 1% (Slika 20).



Slika 20. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Rasine. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

4.1.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa Radovanske reke

Na Radovanskoj reci određeno je ukupno 175 taksona iz različitih grupa organizama makrozoobentosa, na pet istraživanih lokaliteta (RD1, RD2, RD3, RD4, RD5). Najmanji broj taksona zabeležen je u okviru subfiluma Crustacea, sa po jednom determinisanom vrstom iz reda Amphipoda (*Gammarus balanicus*), prisutna od prvog do petog lokaliteta, kao i klase Ostracoda (*Candona candida* Müller, 1776). Filumi Platyhelminthes i Mollusca broje po četiri taksona. Četiri vrste turbelarija determinisano je u okviru prvog filuma, od kojih je *Dugesia lugubris* bila najčešće prisutna vrsta, a tri vrste puževa i jedan rod školjki determinisan je u okviru drugog filuma, sa vrstom *Ancylus fluviatilis* zastupljenom na svim lokalitetima. Filum Annelida bio je brojan vrstama, pre svega zbog 20 determinisanih taksona (15 vrsta i pet rodova) Oligochaeta, sa najvećim diverzitetom na lokalitetima RD2 i RD3. Jedna vrsta pijavica, *Erpobdella testacea*, zabeležena je samo na lokalitetu RD2.

U klasi Insecta, od 143 taksona, polovinu taksona čini red Diptera zajedno sa familijom Chironomidae, koja je ujedno najbrojnija taksonima, naročito na lokalitetu RD2. U okviru EPT grupe, Trichoptera su prednjačile u broju taksona. Na prvom lokalite pronađena je potencijalno nova vrsta trihoptera za entomofaunu Srbije, *Ecclisopteryx cf. keroveci* Previšić, Graf & Vitecek, 2014. Tri vrste: *Glossosoma intermedium* Klapalek, 1892, *Rhyacophila obliterated* McLachlan, 1863 i *Sericostoma personatum* (Kirby & Spence, 1826) pronađene su na svih pet lokaliteta. Broj determinisanih taksona Ephemeroptera iznosio je 20 (12 do nivoa vrste, sedam do nivoa roda i jedna grupa vrsta: *Rhitrogena semicolorata*), a Plecoptera 19 (deset determinisanih vrsta, sedam rodova i dve grupe vrsta: *Leuctra prima-hippopus-inermis* i *L. fusca*). Rod *Baetis* je sa najvećim brojem zabeleženih vrsta vodenih cvetova: *B. alpinus*, *B. lutheri*, *B. muticus* (Linnaeus, 1758) i *B. rhodani*, od kojih su prva i poslednja vrsta zastupljene na svim lokalitetima. U okviru reda Plecoptera rod *Siphonoperla* Zwick, 1967 registrovana je samo na prvom lokalitetu, a od prvog do petog lokaliteta zastupljene su vrste *Brachyptera risi* (Morton, 1896) i *Leuctra hippopus* Kempny, 1899. Najmanje raznovrsnu grupu među insektima činili su tvrdokrilci, sa pet identifikovanih taksona. Spisak taksona po lokalitetima prikazan je u Tabeli 19.

Tabela 19. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
Platyhelminthes							
1.	<i>Crenobia alpina montenegrina</i> (Mrázek, 1904)	Turbellaria – Planariidae	+	+	+		
2.	<i>Dugesia gonocephala</i> (Duges, 1830)	Turbellaria – Dugesidae					+
3.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesidae		+	+	+	+
4.	<i>Dugesia polychroa</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesidae			+		
Mollusca							
5.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae	+	+	+	+	+
6.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae		+			
7.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbidae		+	+		
8.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae		+	+	+	
Annelida							
9.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+			
10.	<i>Chaetogaster</i> sp.	Oligochaeta – Naididae			+		
11.	<i>Dero</i> sp.	Oligochaeta – Naididae			+	+	
12.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae			+		
13.	<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878)	Oligochaeta – Enchytraeidae	+	+	+	+	+
14.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae	+	+	+	+	+
15.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae		+	+	+	
16.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+	+			
17.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae		+			
18.	<i>Nais bretsheri</i> Michaelsen, 1899	Oligochaeta – Naididae		+	+	+	+
19.	<i>Nais elengius</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae		+		+	
20.	<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906	Oligochaeta – Naididae			+	+	
21.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae		+	+	+	+
22.	<i>Ophidonais serpentina</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Naididae			+		
23.	<i>Pelosclex velutina</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae			+		+
24.	<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	Oligochaeta – Tubificidae		+	+		
25.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae		+			
26.	<i>Psammoryctides</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae		+			
27.	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+	+	+	+
28.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae		+	+	+	+
29.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae		+			
Chelicerata							
30.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari		+	+	+	+
Crustacea							
31.	<i>Candona candida</i> (Müller, 1776)	Ostracoda – Cypridoidea		+	+	+	
32.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+
Insecta – Ephemeroptera							
33.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
34.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae				+	+
35.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae			+	+	+
36.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 19. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
37.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+
38.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+
39.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+		+	+	+
40.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae		+	+	+	+
41.	<i>Ephemera (Ephemera) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae		+	+	+	+
42.	<i>Ephemera</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemeridae				+	+
43.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+		+
44.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+	+	+
45.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae			+	+	+
46.	<i>Habrophlebia</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae			+	+	+
47.	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+	+	+	+
48.	<i>Rhithrogena cf. braaschi</i> Jacob, 1974	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+			+
49.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae		+	+	+	+
50.	<i>Rhithrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+
51.	<i>Siphonurus lacustris</i> (Eaton, 1870)	Ephemeroptera – Siphonuridae		+			
52.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae					+
Insecta – Plecoptera							
53.	<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1896)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+	+	+	+	+
54.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae				+	+
55.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae				+	+
56.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+	+
57.	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae		+		+	+
58.	<i>Isoperla</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae	+	+	+		
59.	<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae			+	+	
60.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae			+		
61.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+	+
62.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+			
63.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+
64.	<i>Nemoura cf. obtusa</i> Ris, 1902	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+		+		
65.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+				
66.	<i>Perla burmeisteriana</i> Claassen, 1936	Plecoptera - Perlidae – Perlinae				+	
67.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+	+
68.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae		+	+		+
69.	<i>Protonemura nitida</i> (Pictet, 1935)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae		+	+	+	+
70.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+	+	+
71.	<i>Siphonoperla</i> sp.	Plecoptera - Chloroperlidae – Chloroperlinae	+				

Nastavak Tabele 19. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
Insecta – Coleoptera							
72.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+
73.	<i>Haliplus lineatocollis</i> (Marsham, 1802)	Coleoptera – Haliplidae		+			
74.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+
75.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae			+	+	+
76.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera							
77.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+				+
78.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera- Athericidae		+	+	+	+
79.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera- Athericidae	+		+	+	+
80.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+
81.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blephariceraeidae	+	+	+	+	+
82.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae		+	+	+	
83.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+
84.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae		+	+		+
85.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+	+	+	+	+
86.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+	
87.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+			+	+
88.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+	+	+	+	+
89.	<i>Limnophora riparia</i> (Fallen, 1824)	Diptera – Muscidae		+			
90.	<i>Odontomyia</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae				+	
91.	<i>Pericoma</i> sp.	Diptera – Psychodidae		+			
92.	<i>Psychoda alternata</i> (Say, 1824)	Diptera – Psychodidae		+			
93.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae		+			
94.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera – Tipulidae	+	+	+	+	+
95.	<i>Tonoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae		+	+	+	+
Insecta – Simuliidae							
96.	<i>Prosimulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+		+	+	+
97.	<i>Simulium (Eusimulium) aureum</i> Fries, 1824	Diptera – Simuliidae		+	+		
98.	<i>Simulium (Eusimulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae		+	+		
99.	<i>Simulium (Simulium) maximum</i> (Knoz, 1961)	Diptera – Simuliidae			+		
100.	<i>Simulium (Simulium) noelleri</i> Friederichs, 1920	Diptera – Simuliidae		+			
101.	<i>Simulium (Simulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+
102.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae		+	+	+	+
Insecta – Chironomidae							
103.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	
104.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthoclaadiinae			+	+	
105.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	+	+

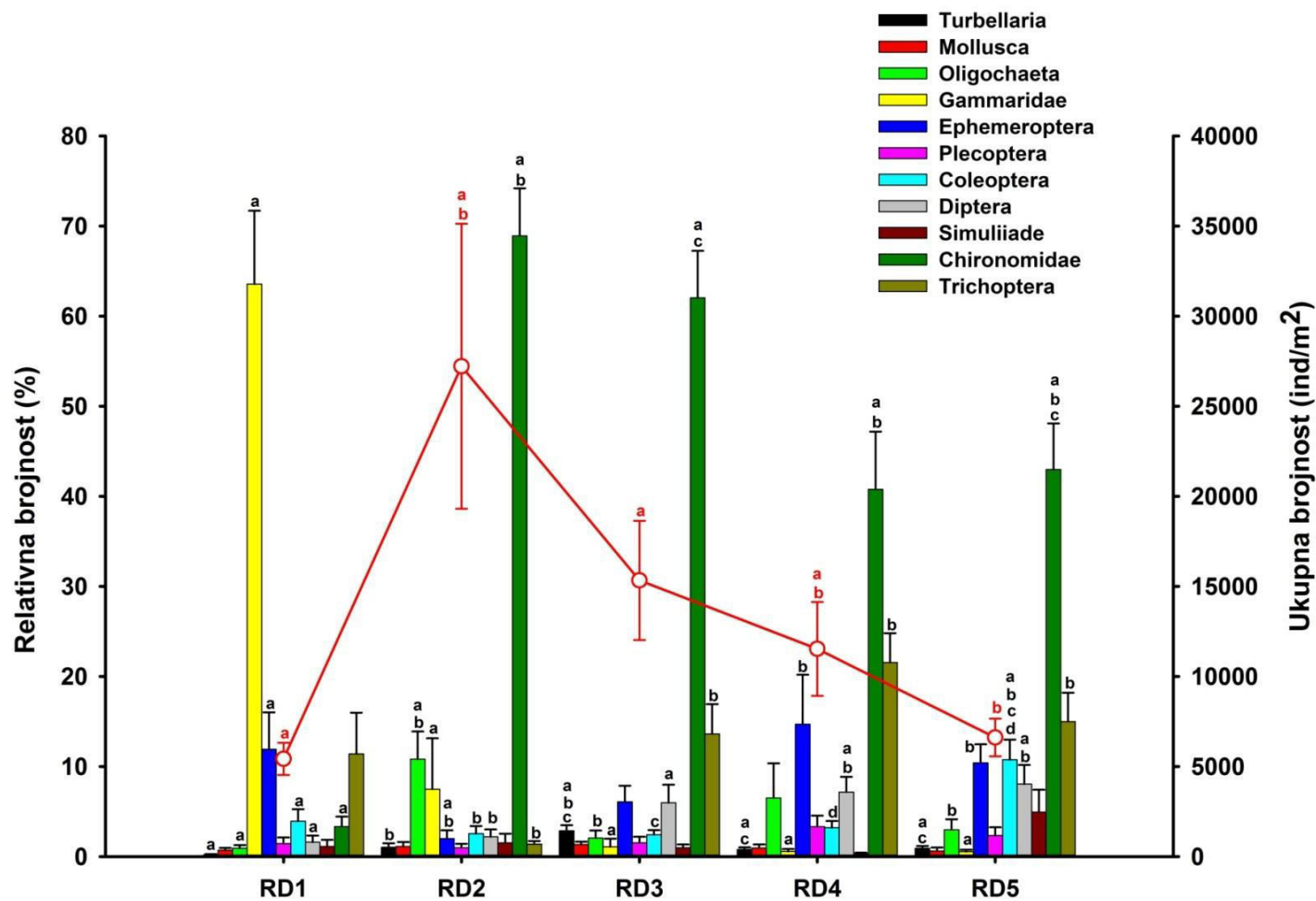
Nastavak Tabele 19. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
106.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini		+			+
107.	<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+
108.	<i>Corynoneura scutellata</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
109.	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
110.	<i>Cricotopus (Cricotopus) tremulus</i> (Linnaeus, 1758)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
111.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
112.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini	+	+	+	+	+
113.	<i>Diamesa tonsa</i> (Haliday, 1856)	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini		+			
114.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini		+	+	+	+
115.	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			
116.	<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			
117.	<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladiinae				+	+
118.	<i>Eukiefferiella brevicealcar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae					+
119.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
120.	<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
121.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae				+	+
122.	<i>Eukiefferiella minorfittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+
123.	<i>Heterotrissocladius marcidus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
124.	<i>Macropelopia adauca</i> Kieffer, 1916	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini		+			
125.	<i>Metriocnemus higropetricus</i> Kieffer, 1916	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
126.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+
127.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			+
128.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+
129.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
130.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+
131.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp1	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+	
132.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
133.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+		+
134.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+
135.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
136.	<i>Phaenopsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			
137.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+	+	+	+
138.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			
139.	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schränk, 1803)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			
140.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae – Diamesinae		+	+	+	+

Nastavak Tabele 19. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
141.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae		+	+		
142.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+		
143.	<i>Tanitarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini			+	+	
144.	<i>Tanypus dubius</i> Meigen, 1804	Chironomidae - Tanypodinae – Tanypodini				+	
145.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+
146.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+
147.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+
Insecta – Trichoptera							
148.	<i>Ecclisopteryx cf. keroveci</i> Previšić, Graf & Vitecek, 2014	Trichoptera – Limnephilidae	+				
149.	<i>Glossosoma boltoni</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Glossosomaidae					+
150.	<i>Glossosoma conforme</i> Neboiss, 1963	Trichoptera – Glossosomaidae		+	+	+	+
151.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+	+	+	+	+
152.	<i>Glossosoma</i> sp.	Trichoptera – Glossosomaidae	+			+	
153.	<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)	Trichoptera – Limnephilidae					+
154.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae			+	+	
155.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae			+	+	+
156.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae			+	+	
157.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae			+	+	+
158.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae		+	+	+	+
159.	<i>Leptocerus</i> sp.	Trichoptera – Leptoceridae	+				
160.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae				+	
161.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae			+	+	
162.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae		+	+	+	+
163.	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	Trichoptera – Philopotamidae				+	+
164.	<i>Philopotamus</i> sp.	Trichoptera – Philopotamidae			+		
165.	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Polycentropodidae			+		
166.	<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae	+				
167.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+		+	+
168.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+	+		+	+
169.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+
170.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+
171.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+
172.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+
173.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae			+	+	
174.	<i>Thremma anomalum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Uenoidae	+	+	+	+	
Insecta – Hymenoptera							
175.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae			+		

Kvantitativnom analizom zajednica makrozoobentosa Radovanske reke, ustanovljena je najveća brojnost od $27.218 \pm 7910 \text{ ind/m}^2$ na lokalitetu RD2, a najmanja, od $5422 \pm 893 \text{ ind/m}^2$, registrovana je na lokalitetu RD1 (Slika 21). Ukupna brojnost opada od drugog ka petom lokalitetu, da bi na posljednjem lokalitetu dostigla vrednosti približne na prvom. Shodno tome, statistički značajna razlika u ukupnoj brojnosti uočljiva je između drugog lokaliteta i prvog, četvrtog, zaključno sa petim (Slika 21). Na prvom lokalitetu, sa učešćem od $63,57\% \pm 8,14$, Gammaridae su sa vrstom *Gammarus balcanicus* zauzele prvo mesto, a zajedno sa vodenim cvetovima i trihoptera čine eudominantnu grupu. Relativna brojnost amfipodnih račića od drugog ka petom lokalitetu opada, gde je uočena statistički značajna razlika u njihovoj relativnoj brojnosti (Slika 21). Na drugom lokalitetu, familija Chironomidae i klasa Oligochaeta postaju eudominantne grupe, sa naročito velikim učešćem hironomida koje je dostiglo $68,91 \pm 5,28\%$. Statistički značajna razlika u relativnoj brojnosti hironomida uočljiva je između lokaliteta RD2 i poslednja dva (RD4 i RD5), gde je zabeležen pad brojnosti ove grupe dvokrilaca. Na drugom lokalitetu zabeležen je statistički značajan pad relativne brojnosti trihoptera ($1,38 \pm 0,34\%$), koje kao eudominantna grupa na ostalim lokalitetima, ovde postaju recedentna. Red Coleoptera, iako malobrojan taksonima, na petom lokalitetu postaje eudominantna grupa, sa statistički značajnom razlikom u relativnoj brojnosti posmatrano u odnosu na ostala četiri lokaliteta. Iako brojjan taksonima, najveća relativna brojnost reda Plecoptera bila je svega $3,32 \pm 1,22\%$, na lokalitetu RD4. Pored male raznovrsnosti, učestalost turbelarija i mekušca bila je niska, u odnosu na dominantnost bile su recedentne ili subrecedentne.



Slika 21. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima Radovanske reke. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

4.1.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Vrle

Na reci Vrli, tokom sedam sezona istraživanja, na šest lokaliteta (VR1, VR2, VR3, VR4, VR5, VR6), zabeleženo je ukupno 145 različitih taksona organizama makrozoobentosa. Dve vrste turbelarija determinisane su u okviru filuma Platyhelminthes, *Dendrocoelum lacteum* (Müller, 1774) prisutna samo na lokalitetu VR2 i *Dugesia lugubris* prisutna na prva tri lokaliteta. Pripadnici subfiluma Crustacea i reda Coleoptera broje po tri determinisane vrste. Među rakovima određene su dve vrste ostrakoda (*Psychrodromus olivaceus* (Brady & Norman, 1889) i *P. fontinalis* (Wolf, 1919)), a kod tvrdokrilca izdvajaju se dve vrste (*Elmis aenea* (Müller, 1806) i *Hydraena gracilis* Germar, 1824) i jedan rod (*Stenelmis* sp.) čije prisustvo je zabeleženo na svim lokalitetima. U filumu Mollusca, zabeleženi su jedino predstavnici puževa, sa četiri determinisane vrste, od kojih je *Ancylus fluviatilis* najčešća vrsta, odsutna samo na lokalitetu VR1, na kom generalno nije pronađen nijedan takson iz ove klase. Šest vrsta i jedan rod determinasano je iz klase Oligochaeta, sa najčešćom vrstom *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) registrovanom na svim istraživanim lokalitetima. Dve vrste pijavica *Erpobdella octocolata* (Linnaeus, 1758) i *E. testacea* uzorkovane su u reci Vrli, s tim da je druga vrsta pronađena na četiri lokaliteta (VR2, VR3, VR4 i VR6), dok je prva registrovana samo na lokalitetu VR3, u oktobru mesecu.

Isti broj taksona određen je u redu Ephemeroptera i Plecoptera. Od 25 taksona vodenih cvetova, 15 je determinisano do nivoa vrste, dva do nivoa grupe vrsta (*Rhithrogena hybrida* i *R. semicolorata* grupa), šest do nivoa roda (sa jednim podrodom u okviru roda *Ecdyonurus*), a pojednini pripadnici familije Ephemerellidae, čija determinacija nije mogla biti izvršena, ostavljeni su do nivoa ove taksonomske kategorije. Najveći diverzitet je zabeležen među familijama Baetidae i Heptagenidae, koja je naročito bogata taksonima, sa dve determinisane vrste roda *Epeorus* Eaton, 1881 (*E. assimilis* i *E. yougoslavicus* (Šámal, 1935)). Vrlo je odlikovala i raznovrsna zajednica Plecoptera, od kojih je pet vrsta: *Amphinemura sulcicollis* (Stephens, 1836), *Brachyptera seticornis* (Klapalek, 1902), *Leuctra hippopus*, *Perla pallida* Guerin, 1838 i *Protonemura praecox* (Morton, 1894) uzorkovano na svih šest lokaliteta. Među EPT taksonima, trioptere su najraznovrsnije, sa dva taksona više u odnosu na prethodne dve

grupe. Rodovi *Hydropsyche* Pictet, 1834 i *Rhyacophyla* su najbrojniji vrstama, a skoro sve su pronađene od prvog do šestog lokaliteta (izuzev vrste *Hydropsyche angustipennis* (Curtis, 1834)). Dvokrilci su, kao u svim rekama na kojima je vršeno prikupljanje makroinvertebrata, dominirali po broju različitih taskona. Familiju Chironomidae odlikuje prisustvo 28 taksona (determinisanih do nivoa vrste, grupe vrsta, podroda ili roda), a drugih predstavnika Diptera 17 (čija je determinacija izvršena do nivoa vrste, podroda ili roda).

Kvalitativan sastav zajednica makrozoobentosa na šest lokaliteta reke Vrle, prikazan je u Tabeli 20.

Ukupna brojnost taksona na reci Vrli kretala se od $6\,571 \pm 1\,524$ ind/m² na lokalitetu VR6, do $10\,218 \pm 3\,252$ ind/m² na lokalitetu VR4, gde je ujedno zabeležena najveća brojnost organizama makrozoobentosa (Slika 22). Dve eudominantne grupe, na svim lokalitetima, su Ephemeroptera i Coleoptera, koje su procentualno najzastupljenije grupe. Iako nema statistički značajne razlike u relativnoj brojnosti tvrdokrilaca, kod vodenih cvetova se na prvom lokalitetu uočava statistički značajna razlika u relativnoj brojnosti u poređenju sa ostalim lokalitetima (izuzev lokaliteta VR4, Slika 22), sa najnižom zastupljenošću na ovom lokalitetu. Među ostalim eudominantnim grupama izdvajaju se i trihoptere, koje nasuprot vodenim cvetovima, najveće učešće od $31,92 \pm 5,90\%$ dostižu na lokalitetu VR1. Usled nešto manje relativne brojnosti na lokalitetima VR3 i VR6, postaju dominantna grupa. Takođe, familija hironomidae je na trećem, četvrtom i petom lokalitetu eudominantna, sa postepenim porastom u relativnoj brojnosti ka petom lokalitetu (Slika 22), gde dostiže maksimalnu vrednost od $26,50 \pm 13,17\%$. Predstavnici reda Plecoptera, iako brojni taksonima, nisu uzeli veće učešće od 10% u obrazovanju zajednica makrozoobentosa. Familija Simuliidae bila je na skoro svim lokalitetima subrecendentna grupa, izuzev na lokalitetu VR3 gde postaje recedentna, zauzevši nešto veće učešće ($1,71 \pm 1,58\%$). Relativna brojnost Mollusca raste od drugog ka šestom lokalitetu, sa statistički značajnim porastom na poslednjem lokalitetu. Grupa koja je uzela najniže učešće jeste klasa Hirudinea, koja, iako subrecendentna grupa na svim registrovanim lokalitetima, prikazama je na Slici 22, usled najveće procentualne zastupljenosti na trećem lokalitetu, ispod ispusne cevi ribnjaka.

Tabela 20. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
Plathyhelminthes								
1.	<i>Dendrocoelum lacteum</i> (Müller, 1774)	Turbellaria – Dendrocoelidae		+				
2.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+			
Mollusca								
3.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae		+	+	+	+	+
4.	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Bithynidae		+		+		
5.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbiidae			+			
6.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae				+		
Annelida								
7.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbriculidae		+				
8.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+	+	+	+	+
9.	<i>Enchytraeus albidus</i> Henle, 1837	Oligochaeta – Enchytraeidae	+		+		+	+
10.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae		+				
11.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae		+				
12.	<i>Rynchelmis limosella</i> Hoffmeister, 1843	Oligochaeta – Lumbriculidae		+	+	+	+	
13.	<i>Stylocdrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae						+
14.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae		+	+	+		+
15.	<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	Hirudinea – Erpobdellidae			+			
Chelicerata								
16.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+		+	+	+
Crustacea								
17.	<i>Psychrodromus fontinalis</i> (Wolf, 1919)	Ostracoda – Cyprididae				+		
18.	<i>Psychrodromus olivaceus</i> (Brady & Norman, 1889)	Ostracoda – Cyprididae			+	+		+
19.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+		+	+
Insecta – Ephemeroptera								
20.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
21.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae					+	+
22.	<i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
23.	<i>Baetis (Baetis) vernus</i> group	Ephemeroptera – Baetidae			+			
24.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
25.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
26.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
27.	<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	Ephemeroptera – Caenidae				+		
28.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) cf. subalpinus</i> Klapalek, 1907	Ephemeroptera – Heptageniidae	+			+		
29.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus)</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
30.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
31.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
32.	<i>Epeorus (Ironopsis) yougoslavicus</i> (Šámal, 1935)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+				
33.	<i>Ephemera (Ephemera) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae		+	+	+	+	+
34.	<i>Ephemera</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemeridae		+			+	+
35.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae			+	+		

Nastavak Tabele 20. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
36.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+		+	+	+
37.	Ephemerellidae - nedeterminisane	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+			
38.	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+		+	+	+	
39.	<i>Habroleptoides</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+	+	+	+	
40.	<i>Rhithrogena cf. braaschi</i> Jacob, 1974	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+	+
41.	<i>Rhithrogena cf. hercynia</i> Landa, 1969	Ephemeroptera – Heptageniidae	+					
42.	<i>Rhithrogena hybrida</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae		+		+	+	
43.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
44.	<i>Rhitrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Plecoptera								
45.	<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+	+	+
46.	<i>Brachyptera seticornis</i> (Klapalek, 1902)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+	+	+	+	+	+
47.	<i>Capnia</i> sp.	Plecoptera - Capniidae – Capniinae						+
48.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+			
49.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae				+	+	+
50.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+				+	+
51.	<i>Isoperla cf. rivulorum</i> (Pictet, 1841)	Plecoptera - Perlodidae - Isoperlinae			+			+
52.	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)	Plecoptera - Perlodidae - Isoperlinae	+	+	+	+		+
53.	<i>Isoperla</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae - Isoperlinae	+		+	+	+	+
54.	<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+		+	+	+	
55.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
56.	<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+	+	+	+	+	
57.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae						+
58.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+	+	+	+	+	
59.	<i>Nemoura cf. obtusa</i> Ris, 1902	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae			+		+	
60.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+					
61.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+	+	+
62.	<i>Perla pallida</i> Guerin, 1838	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
63.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
64.	<i>Perlodes microcephalus</i> (Pictet, 1833)	Plecoptera - Perlodidae - Perlodinae		+		+	+	
65.	<i>Perlodes</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae - Perlodinae	+					
66.	<i>Protonemura nitida</i> (Pictet, 1935)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+	+	+	
67.	<i>Protonemura praecox</i> (Morton, 1894)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+	+	+
68.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 20. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
69.	<i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Taeniopteriginae	+					
Insecta – Coleoptera								
70.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
71.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+	+
72.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera								
73.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	Diptera – Athericidae		+		+	+	+
74.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricius, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+
75.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+
76.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blepharicaeridae	+	+	+	+	+	+
77.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+	+
78.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae			+			
79.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae					+	
80.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae				+		
81.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+	+	+		+	+
82.	<i>Psychoda</i> sp.	Diptera – Psychodidae	+					
83.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae	+					+
84.	<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae				+		
85.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae	+	+	+	+	+	+
86.	<i>Tonoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Simuliidae								
87.	<i>Simulium (Eusimulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+		+		+	
88.	<i>Simulium (Simulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+
89.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae					+	
Insecta – Chironomidae								
90.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	
91.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	+
92.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	+		+
93.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini			+			
94.	<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+			
95.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
96.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+
97.	<i>Diamesa tonsa</i> (Haliday, 1856)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini				+		
98.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+
99.	<i>Eukiefferiella brevicealcar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae					+	+
100.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+		+	
101.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae						+
102.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+	+
103.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+				+	+

Nastavak Tabele 20. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
104.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius) sp.</i>	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+	+	
105.	<i>Orthocladius (Euorthocladius) sp.</i>	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
106.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		
107.	<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
108.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
109.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		
110.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+	+		+
111.	<i>Pothastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini			+	+	+	+
112.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae			+			+
113.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+					
114.	<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+		+			+
115.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+		
116.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
117.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	
	Insecta – Trichoptera							
118.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae						+
119.	<i>Brachycentrus montanus</i> Klapalek, 1892	Trichoptera – Brachycentridae		+				
120.	<i>Drusus botosaneanui</i> Kumanski, 1968	Trichoptera – Limnephilidae	+	+		+	+	
121.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+	+	+	+		+
122.	<i>Glyptotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+	+	
123.	<i>Goera pilosa</i>	Trichoptera – Goeridae	+			+		
124.	<i>Goera sp.</i>	Trichoptera – Goeridae	+					
125.	<i>Halesus sp.</i>	Trichoptera – Limnephilidae	+		+	+		
126.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae		+		+	+	+
127.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
128.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
129.	<i>Hydropsyche sp.</i>	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
130.	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Lepidostomatidae	+	+				
131.	<i>Leptocerus sp.</i>	Trichoptera – Leptoceridae	+	+	+	+		
132.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae	+	+	+	+	+	+
133.	<i>Limnephilus sp.</i>	Trichoptera – Limnephilidae		+				
134.	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	Trichoptera – Odontoceridae	+	+	+	+	+	
135.	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	Trichoptera – Philopotamidae	+	+		+	+	+
136.	<i>Philopotamus sp.</i>	Trichoptera – Philopotamidae				+	+	+
137.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae						+
138.	<i>Potamophylax sp.</i>	Trichoptera – Limnephilidae		+		+	+	+
139.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
140.	<i>Rhyacophila oblitterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
141.	<i>Rhyacophila sp.</i>	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+

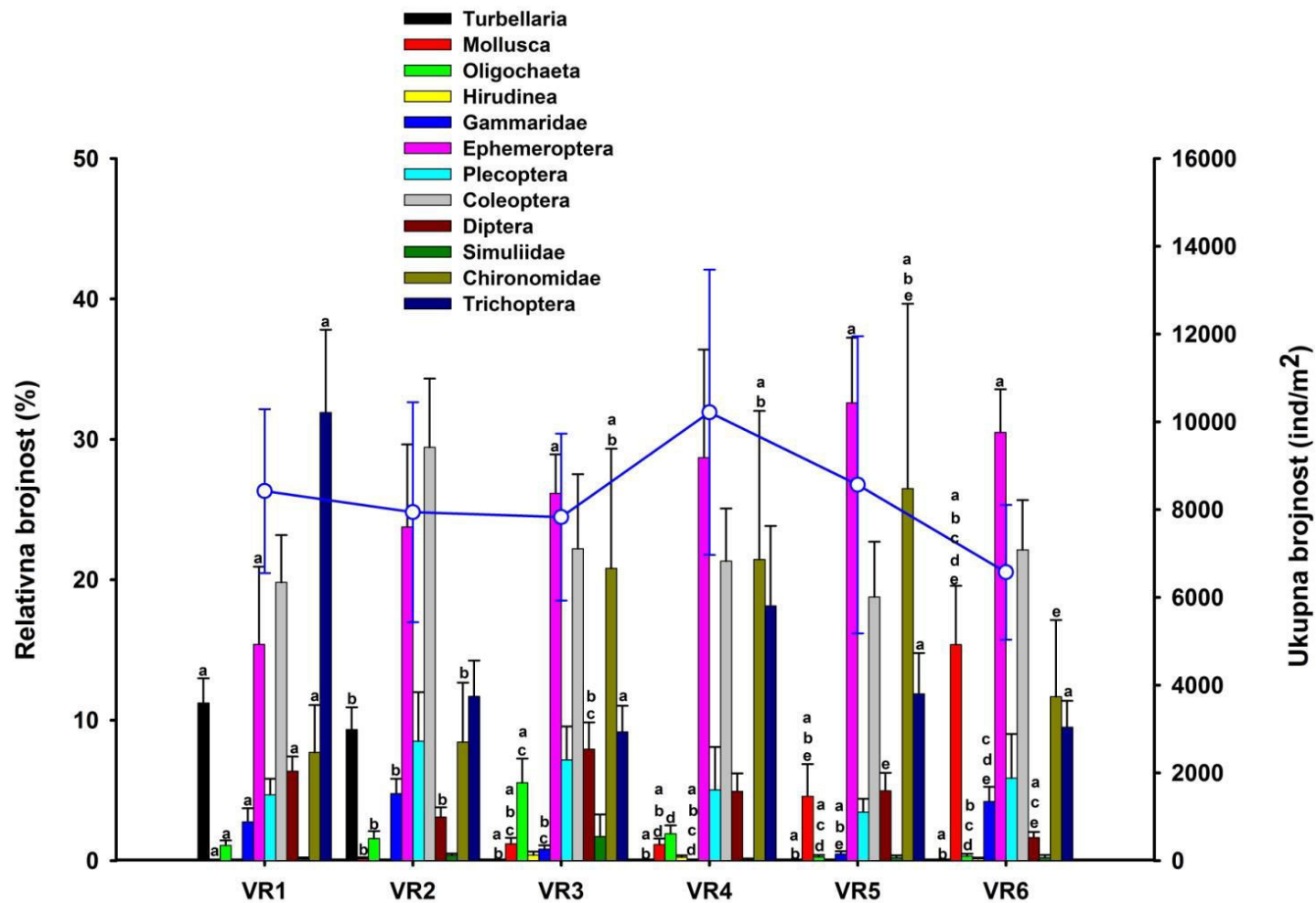
Nastavak Tabele 20. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
142.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+	+
143.	<i>Silo</i> sp.	Trichoptera – Goeridae						+
144.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+			+	+	
	Insecta – Hymenoptera							
145.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae	+					

4.1.5. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Crnice

U reci Crnici, na šest istraživanih lokaliteta (CR1, CR2, CR3, CR4, CR5 i CR6), zabeleženo je ukupno 163 različitih taksona akvatičnih makorinvertebrata, sa spiskom datih taskona priloženih u Tabeli 21.

Predstavnici akvatičnih insekata svakako dominiraju u ovim zajednicama, ali je njihov diverzitet manji u poređenu sa drugim istraživanim tekućicama (Rasina, Vrla). Najraznovrsnija je familija Chironomidae, sa 49 taksona, od kojih je 36 determinisano do nivoa vrste, četiri do nivoa grupe vrsta (*Corynoneura scutellata*, *Diamesa zerny*, *Nanocladius bicolor* i *Thienemanniella clavicornis*) i tri do nivoa roda (s tim da je u okviru roda *Orthocladius* zabeleženo i prisustvo tri podroda: *Orthocladius*, *Euorthocladius* i *Eudactilocladius*). Takođe, drugi predstavnici reda Diptera su bogati taksonima, sa 11 determinisanih vrsta, osam rodova i dva podroda u okviru roda *Simulium* Latreille, 1802 (*Simulium* Latreille, 1802 i *Eusimulium* Roubaud, 1906). Po raznovrsnost, izdvajaju se i larve trihoptera, sa 24 determinisana taksona iz sledećih familija: Limnephilidae, Glossosomatidae, Goeridae, Hydropsychidae, Brachycentridae, Polycentropodidae, Rhyacophilidae, Sericostomatidae. Ephemeroptera i Plecoptera odlikuje nešto manji diverzitet, sa 18 determinisanih taksona (12 do nivoa vrste; dva do nivoa grupe vrsta: *Baetis alpinus* i *Rhithrogena semicolorata*; četiri do nivoa roda), odnosno 13 identifikovanih taksona (sedam vrsta; dve grupe vrsta: *Leuctra fusca* i *L. prima-hippopus inermis* i četiri roda). Od prvog do šestog lokaliteta, registrovani su taksoni iz familije Baetidae i Heptagenidae, kao i dve vrste plekoptera: *Brachyptera risi* i *Leuctra hippopus*.



Slika 22. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Vrle. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

Jedna vrsta pijavica (*Erpobdella testacea*), 13 vrsta i pet rodova akvatičnih člankovitih glista, određeno je u okviru filuma Annelida. Familije Tubificidae i Naidide, iz klase Oligochaeta, su najroznovrsnije taksonima. Interesantna zajednica račića iz klase Ostracoda registrovana je na lokalitetima CR3 i CR4, sa tri vrste: *Candona candida*, *C. neglecta* Sars, 1887 i *Prionocypris zenkeri* (Chyzer & Toth, 1858). Iz subfiluma Crustacea, izdvajaju se još i dve vrste amfipodnih račića, *Gammarus balcanicus* i *G. dulensis* S. Karaman, 1929, formirajući mešovite populacije na svim istraživanim lokalitetima. Mekušce odlikuje prisustvo tri taksona, vrste *Ancylus fluviatilis* i *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), kao i rod *Pisidium* sp. Najmanji broj taksona zabeležen je u filumu Platyhelminthes sa dve determinisane turbelarije, *Dugesia gonocephala* (Dugès, 1830) i *D. lugubris*, prisutne od prvog do šestog lokaliteta.

Kvantitativnom analizom sastava zajednica makoinvertebrata duž istraživanih lokaliteta na reci Crnici, najveća brojnost zabeležena je na CR2, od 22.796 ± 7467 ind/m² (Slika 23). Razlog ovako velike brojnosti se može prepisati najvećim učešćem hironomida na ovom lokalitetu, čija brojnost generalno raste od trećeg ka petom lokalitetu. Najmanja brojnost taksona konstatovana je na prvom kontrolnom lokalitetu, iznosila je 7115 ± 1879 ind/m². Amfipodni račići su na svim lokalitetima eudominantna grupa, sa najvećim učešćem od $66,63 \pm 7,63\%$ na drugom, kontrolnom lokalitetu. Na lokalitetu CR5, uočljiv je statistički značajan pad u njihovom učešću (Slika 23). Uz familiju Gammaridae, Ephemeroptera su druga eudominantna grupa (dominantna jedino na trećem lokalitetu, usled niže relativne brojnosti), kao i turbelarije, ali samo na trećem i četvrtom lokalitetu, sa učestalošću od $13,17 \pm 4,74\%$, odnosno $10,84 \pm 2,66\%$. Tvr dokrilci su dominantna grupa na skoro svim lokalitetima, izuzev trećem gde su recedentna, sa statistički značajnom razlikom relativne brojnosti između ovog lokaliteta i ostalih (Slika 23). Iako su trihoptere najbrojnije taksonima u okviru EPT grupe, njihova relativna brojnost se menja od jednog do drugog lokaliteta. Na prva dva lokaliteta trihoptere su subdominantne, da bi na trećem, usled smanjene učestalosti, postale recedentne. Na lokalitetu CR4 su ponovo subdominantne, a na poslednja dva postaju dominantne. Porast relativne brojnosti klase Oligochaeta, primetan je na lokalitetima CR3 i CR4. Najmanje učešće u obrazovanju zajednice makrozoobentosa reke Crnice čine sledeće grupe: Mollusca, Plecoptera i Diptera (bez familija Chironomidae i Simuliidae).

Tabela 21. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
Platyhelminthes								
1.	<i>Dugesia gonocephala</i> (Duges, 1830)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+	+	+	+
2.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+	+	+	+
Mollusca								
3.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae	+		+		+	
4.	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Bithynidae			+			
5.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae	+		+		+	+
Annelida								
6.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbriculidae	+		+	+		+
7.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+		+	+		
8.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae			+	+	+	+
9.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae	+	+	+	+	+	+
10.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae	+		+	+		
11.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae			+	+		
12.	<i>Mesenchytraeus</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae					+	
13.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae			+		+	
14.	<i>Nais bretsheri</i> Michaelsen, 1899	Oligochaeta – Naididae			+		+	+
15.	<i>Nais elengius</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae			+			
16.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae	+		+	+	+	+
17.	<i>Peloscolex velutina</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	+	+
18.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	+	
19.	<i>Psammoryctides</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+					
20.	<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	Oligochaeta – Naididae			+			
21.	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+	+	+	+
22.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+		
23.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae				+	+	
Chelicerata								
24.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+	+	+	+	+
Crustacea								
25.	<i>Candona candida</i> (Müller, 1776)	Ostracoda – Cypridoidea			+			
26.	<i>Candona neglecta</i> Sars, 1887	Ostracoda – Cypridoidea				+		
27.	<i>Prionocypris zenkeri</i> (Chyzer & Toth, 1858)	Ostracoda – Cypridoidea				+		
28.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+	+
29.	<i>Gammarus dulensis</i> S. Karaman, 1929	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Ephemeroptera								
30.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae			+	+	+	+
31.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae			+	+	+	+
32.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> group	Ephemeroptera – Baetidae			+			
33.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 21. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
34.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+	+	+
35.	<i>Ecdyonurus</i> (<i>Ecdyonurus</i>) cf. <i>torrentis</i> Kimmins, 1942	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+				
36.	<i>Ecdyonurus</i> (<i>Ecdyonurus</i>) cf. <i>venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+		+	+	+
37.	<i>Ecdyonurus</i> (<i>Ecdyonurus</i>) <i>venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+					
38.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
39.	<i>Epeorus</i> (<i>Epeorus</i>) <i>assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
40.	<i>Ephemera</i> (<i>Ephemera</i>) <i>danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+		+	+	+
41.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae			+	+	+	+
42.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae			+	+	+	+
43.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+		+	+	+
44.	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+	+	+	+	+
45.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+					
46.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
47.	<i>Rhitrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+		+	
Insecta – Odonata								
48.	<i>Cordulegaster annulatus</i> (Latreille, 1804)	Odonata – Cordulegasteridae						+
Insecta – Plecoptera								
49.	<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1896)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+	+	+	+	+	
50.	<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae		+			+	
51.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+					+
52.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
53.	<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae				+		+
54.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae				+		+
55.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae - Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
56.	<i>Nemoura</i> cf. <i>obtusa</i> Ris, 1902	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae		+		+	+	
57.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+		+	+		
58.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae						+
59.	<i>Perla pallida</i> Guérin, 1838	Plecoptera - Perlidae – Perlinae					+	+
60.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae						+
61.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+		+	+
Insecta – Coleoptera								
62.	<i>Dytiscus marginalis</i> Linnaeus, 1758	Coleoptera – Dytiscidae	+					
63.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
64.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+	+
65.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae	+	+		+	+	+

Nastavak Tabele 21. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice.

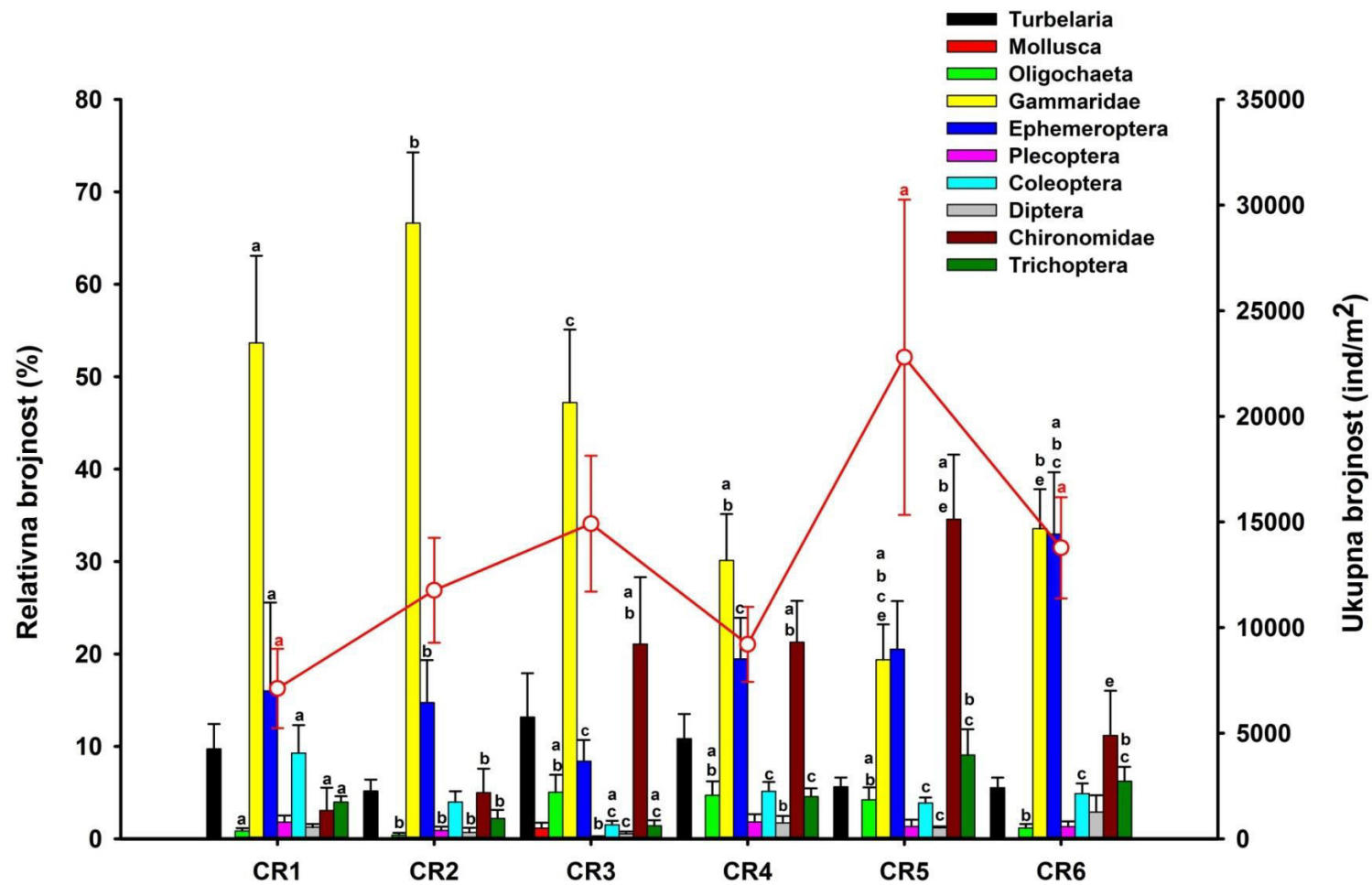
	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
66.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae				+		+
67.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
68.	Insecta – Megaloptera <i>Sialis fuliginosa</i> Pictet, 1836	Megaloptera – Sialidae				+		
69.	Insecta – Diptera <i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae					+	
70.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+
71.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+		+	+	+
72.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+
73.	<i>Chrysopilus cristatus</i> (Fabricus, 1775)	Diptera – Rhagionidae						+
74.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae			+	+	+	
75.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+	
76.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae				+	+	+
77.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+		+	+		+
78.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae			+			
79.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+		+	+	+	+
80.	<i>Limnophora riparia</i> (Fallen, 1824)	Diptera – Muscidae						+
81.	<i>Odontomyia</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae	+	+				+
82.	<i>Pericoma</i> sp.	Diptera – Psychodidae					+	
83.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae		+				
84.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae	+		+	+	+	+
85.	<i>Tonnoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae		+			+	
86.	Insecta – Simuliidae <i>Simulium (Eusimulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae					+	
87.	<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae			+			
88.	<i>Simulium (Simulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae			+	+	+	+
89.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae		+			+	
90.	Insecta – Chironomidae <i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+	
91.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		+
92.	<i>Chaetocladius melaleucus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae			+			
93.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+	+	+		+	+
94.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+	+	+	+	+	+
95.	<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae						+
96.	<i>Corynoneura scutellata</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae			+			+
97.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 21. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
98.	<i>Diamesa tonsa</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini				+		
99.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+
100.	<i>Endochironomus albipennis</i> Meigen, 1830	Chironomidae - Chironominae – Chironomini					+	
101.	<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthoclaadiinae						+
102.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+		+	+		+
103.	<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	Chironomidae – Orthoclaadiinae			+			
104.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+		
105.	<i>Eukiefferiella coeruleascens</i> (Kieffer, 1926)	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+		+	
106.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae						+
107.	<i>Eukiefferiella lobifera</i> Goetghebuer, 1934	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		
108.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
109.	<i>Macropelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini				+		
110.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+		+	+	+	+
111.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini					+	
112.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthoclaadiinae					+	+
113.	<i>Orthocladus (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		+
114.	<i>Orthocladus (Euorthocladus) rivulorum</i> Kieffer, 1909	Chironomidae – Orthoclaadiinae						+
115.	<i>Orthocladus (Euorthocladus)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
116.	<i>Orthocladus (Orthocladus) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+		+
117.	<i>Orthocladus (Orthocladus)</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+	+
118.	<i>Orthocladus (Sympesiocladus) lignicola</i> Kieffer, 1914	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+	+	
119.	<i>Paracricotopus</i> sp.	Chironomidae – Orthoclaadiinae				+	+	+
120.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
121.	<i>Paratanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini				+		+
122.	<i>Paratrithocladus rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthoclaadiinae						+
123.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) cf. tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+				
124.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) uncinatum</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+	+	+		
125.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+	+	
126.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+
127.	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+		
128.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini						+
129.	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schränk, 1803)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini					+	
130.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+			+	+	

Nastavak Tabele 21. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
131.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) effusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae						+
132.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	+
133.	<i>Rheotanytarsus</i> spp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini					+	+
134.	<i>Tanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini						+
135.	<i>Thienemanniella acuticornis</i> (Kieffer, 1912)	Chironomidae – Orthocladiinae					+	+
136.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	
137.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+	+
138.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+	+
Insecta – Trichoptera								
139.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+		+	+		
140.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+	+		+	+	
141.	<i>Glossosoma</i> sp.	Trichoptera – Glossosomaidae				+		
142.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+		+
143.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+		+
144.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+	+
145.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae					+	
146.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+	+
147.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae		+		+	+	+
148.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae			+			
149.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+	+	+
150.	<i>Lithax</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+				+	
151.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae				+	+	+
152.	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Polycentropodidae	+					
153.	<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae		+		+		
154.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+		
155.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae						+
156.	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Trichoptera – Rhyacophilidae						+
157.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+	+
158.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
159.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+	+
160.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+	+
161.	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera – Goeridae	+		+		+	
162.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+					
Insecta – Hymenoptera								
163.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae	+		+	+	+	+



Slika 23. Srednje vrednosti ± standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Crnice. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi

4.1.6. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Trešnjice

Ukupno 129 taskona makroinvertebrata pronađeno je na četiri istraživana lokaliteta (TR1, TR2, TR3, TR4) reke Trešnjice. Za potrebe izrade ove studije izvršena je dodatna determinacija organizama iz familija Baetidae i Chironomidae, kao i iz klase Oligochaeta do nivo vrste/roda pa se priloženi faunistički spisak nadjenih taskona (Tabela 22) razlikuje od ranije objavljenih podataka za reku Trešnjicu (Živić *et al.*, 2009a; Živić *et al.*, 2009b).

Samo jedna vrsta planarija – *Dugesia lugubris* uzorkovana je na skoro svom lokalitetima, izuzev prvog. Od predstavnika iz reda Amphipoda, zabeležene su vrste *Gammarus fossarum* i *G. balcanicus* (registrovan samo na trećem lokalitetu). U okviru filuma Mollusca i Annelida nije konstatovan značajan diverzitet. Determinisano je svega tri taksona iz prvog (dve vrste i jedan rod) i po tri vrste i roda iz drugog filuma. Slatkovodni puž *Ancylus fluviatilis* i vrsta *Eiseniella tetraedra* iz klase Oligochaeta, prisutni su na svim istraživanim lokalitetima. Jedino je na lokalitetu TR2 pronađena jedna vrsta pijavice – *Erpobdella testacea*.

Posmatrajući EPT grupu, trioptere su najbrojnije taksonima, sa 24 determinisanih vrsta i jednim rodom. Najveći broj vrsta određen je iz familije Rhyacophilidae, sa vrstama *R. fasciata* i *R. nubila*, registrovane od prvog do četvrtog lokaliteta. Po broju vrsta, izdvaja se i familija Hydropsychidae, sa dva pronađena roda – *Hydropsyche* i *Cheumatopsyche* Wallengren, 1891. Skoro upola manje taksona pronađeno je u redu Plecoptera, iz šest familija: Capnidae, Leuctridae, Nemouridae, Perlidae, Perlodidae i Taeniopterygidae. Predstavnici iz familije Baetidae i Heptagenidae dominirali su u redu Ephemeroptera. Interesantno je prisustvo i tri taksona iz familije Leptophlebiae, sa rodom *Habroleptoide* Schoenemund, 1929 i vrstama *Habrophlebia lauta* Eaton, 1884 i *Paraleptophlebia cincta* (Retzius, 1783). Sa 45 taksona, dvokrilci su najbrojniji vrstama, pre svega zbog velikog broja determinisanih taksona hironomida (23 do nivoa vrste, četiri do nivoa grupe vrsta, četiri do nivoa roda, kao i dva do nivoa podroda). S druge strane, najmanji broj vrsta pronađen je iz reda Coleoptera, sa samo sedam determinisanih taskona, iz pet familija: Dryopidae, Gyrinidae, Elmidae, Hydraenidae i Scitridae.

Tabela 22. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	TR1	TR2	TR3	TR4
	Platyhelminthes					
1.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae		+	+	+
	Mollusca					
2.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae	+	+	+	+
3.	<i>Lymnaea peregra</i> (Müller, 1774)	Gastropoda – Lymnaeidae		+	+	
4.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae		+	+	
	Annelida					
5.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+	+	+
6.	<i>Enchytraeus</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae			+	
7.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae				+
8.	<i>Psammoryctides</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae			+	
9.	<i>Stylo-drilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae			+	+
10.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae		+		
	Crustacea					
11.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+		+	
12.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae			+	
	Insecta – Ephemeroptera					
13.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+
14.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+
15.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+
16.	<i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	
17.	<i>Baetis (Baetis) scambus</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+
18.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae		+		+
19.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+
20.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+
21.	<i>Caenis marcuria</i> Stephens, 1835	Ephemeroptera – Caenidae	+	+		
22.	<i>Caenis moesta</i> Bengtsson, 1917	Ephemeroptera – Caenidae				+
23.	<i>Ecdyonurus cf. forcipula</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+			
24.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+
25.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+
26.	<i>Epeorus (Ironopsis) yougoslavicus</i> (Samal, 1935)	Ephemeroptera – Heptageniidae		+	+	+
27.	<i>Ephemerella danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+
28.	<i>Ephemerella lineata</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Ephemeridae			+	
29.	<i>Ephemerella vulgata</i> Linnaeus, 1758	Ephemeroptera – Ephemeridae				+
30.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae		+	+	+
31.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+
32.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+
33.	<i>Habroleptoides</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae		+		
34.	<i>Habrophlebia lauta</i> Eaton, 1884	Ephemeroptera – Leptophlebiidae		+		
35.	<i>Paraleptophlebia cincta</i> (Retzius, 1783)	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+	+	+
36.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+
37.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+			

Nastavak Tabele 22. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	TR1	TR2	TR3	TR4
Insecta – Plecoptera						
38.	<i>Amphinemura borealis</i> (Morton, 1894)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae		+	+	
39.	<i>Brachyptera braueri</i> (Klapalek, 1900)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+		+	
40.	<i>Brachyptera</i> sp.	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae			+	+
41.	<i>Capnia</i> sp.	Plecoptera - Capniidae - Capniinae	+	+	+	+
42.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+
43.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+
44.	<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae		+	+	
45.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+
46.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae		+		
47.	<i>Perla burmeisteriana</i> Claassen, 1936	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+		+
48.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+
49.	<i>Perlodes dispar</i> (Rambur, 1842)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae	+	+	+	
50.	<i>Protonemura meyeri</i> (Pictet, 1841)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+	+
51.	<i>Taeniopteryx</i> sp.	Plecoptera - Taeniopterigidae – Taeniopteriginae			+	
Insecta – Coleoptera						
52.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+
53.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+
54.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae	+	+	+	+
55.	<i>Limnius</i> sp.	Coleoptera – Elmidae		+	+	+
56.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae		+	+	+
57.	<i>Pomatinus substriatus</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Dryopidae	+	+		
58.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+		+	+
Insecta – Megaloptera						
59.	<i>Sialis fuliginosa</i> Pictet, 1836	Megaloptera – Sialidae				+
Insecta – Diptera						
60.	<i>Antocha vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera – Limoniidae		+	+	
61.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera – Athericidae	+		+	
62.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+	+	
63.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae				+
64.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae		+	+	+
65.	<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera – Pediciidae		+		
66.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+		+	+
67.	<i>Hexatoma bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera – Limoniidae				+
68.	<i>Oxycea</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae			+	
69.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae		+	+	+
70.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera – Tipulidae			+	
Insecta – Simuliidae						
71.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+

Nastavak Tabele 22. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	TR1	TR2	TR3	TR4
	Insecta – Chironomidae					
72.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+
73.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	
74.	<i>Chaetocladius melaleucus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae	+			
75.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	
76.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+	+	+	+
77.	<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae		+		
78.	<i>Cricotopus trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+
79.	<i>Cricotopus trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladiinae		+		+
80.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini			+	
81.	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+
82.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae				+
83.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae		+		
84.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+
85.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+		
86.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae			+	
87.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+
88.	<i>Orthocladius frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+
89.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+
90.	<i>Paracladopelma nigrifulum</i> (Goetghebuer, 1942)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+
91.	<i>Paracricotopus</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae		+		
92.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+
93.	<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae				+
94.	<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+
95.	<i>Polypedilum pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+	
96.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+
97.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae		+	+	
98.	<i>Rheocricotopus efusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+
99.	<i>Rheocricotopus fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae				+
100.	<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+
101.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+		+
102.	<i>Thienemannimyia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini		+	+	+
103.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+
104.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+
	Insecta – Trichoptera					
105.	<i>Agapetus fuscipes</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Glossosomaidae	+	+	+	+
106.	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae		+	+	+
107.	<i>Glossosoma conforme</i> Neboiss, 1963	Trichoptera – Glossosomaidae	+			

Nastavak Tabele 22. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	TR1	TR2	TR3	TR4
108.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae				+
109.	<i>Glyphotaenius pellucidus</i> (Retzius, 1783)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	
110.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae			+	+
111.	<i>Halesus digitatus</i> (von Paula Schrank, 1781)	Trichoptera – Limnephilidae	+			
112.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+
113.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+
114.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae			+	+
115.	<i>Limnephilus decipiens</i> (Kolenati, 1848)	Trichoptera – Limnephilidae	+			
116.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae	+	+	+	+
117.	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Polycentropodidae		+		+
118.	<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae			+	
119.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+			
120.	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+
121.	<i>Rhyacophila glareosa</i> McLachlan, 1867	Trichoptera – Rhyacophilidae	+		+	+
122.	<i>Rhyacophila laevis</i> Pictet, 1834	Trichoptera – Rhyacophilidae			+	
123.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+
124.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+
125.	<i>Rhyacophila pascoei</i> McLachlan, 1879	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+
126.	<i>Rhyacophila polonica</i> McLachlan, 1879	Trichoptera – Rhyacophilidae			+	
127.	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+
128.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+
129.	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera – Goeridae				+

Posmatrajući ukupnu brojnost prikupljenih taksona na reci Trešnjici, možemo konstatovati da je najveći broj individua zabeležen na lokalitetu TR3 ($3866 \pm 643 \text{ ind/m}^2$), a najmanji na prvom lokalitetu ($1249 \pm 186 \text{ ind/m}^2$) (Slika 24). Od drugog ka trećem lokalitetu, ukupna brojnost naglo raste, da bi na lokalitetu TR4 opala i približno dostigla vrednosti kao na lokalitetu TR1. Na osnovu toga, uočljive su statistički značajne razlike u ukupnoj brojnosti između grupe lokaliteta sa visokom brojnošću (TR2 i TR3) organizama makrozoobentosa i lokaliteta sa njihovom nižom brojnošću (TR1 i TR4).

Na svim istraživanim lokalitetima eudominantna grupa su vodeni cvetovi, čije učešće u ukupnom uzorku makroinvertebrata nije bilo ispod 40%, kao i trioptere čije je učešće bilo nešto niže, sa maksimalnom relativnom brojnošću na lokalitetu TR1 ($27,01 \pm 6,45\%$) Kao eudominantna grupa izdvaja se i familija Chironomidae, koja je subdominantna jedino na lokalitetu TR1. Od trećeg lokaliteta ka četvrtom, primetan je statistički značajan porast relativne brojnosti ove grupe dvokrilaca. Procentualna zastupljenost drugih taksona iz reda Diptera znatno opada od drugog do četvrtog lokaliteta, tako da ovaj insekatski red kao

dominantna grupa na prvom lokalitetu, postaje recedentna na zadnjem. Plekoptere su takođe bile eudominantne, ali samo na prvom i poslednjem lokalitetu, jer postaju manje zastupljene na lokalitetima bliže ribnjaku. Relativna brojnost tvrdorilaca je od prvog do trećeg lokaliteta bila ujednačena, da bi na lokalitetu TR4 njihova brojnost porasla.

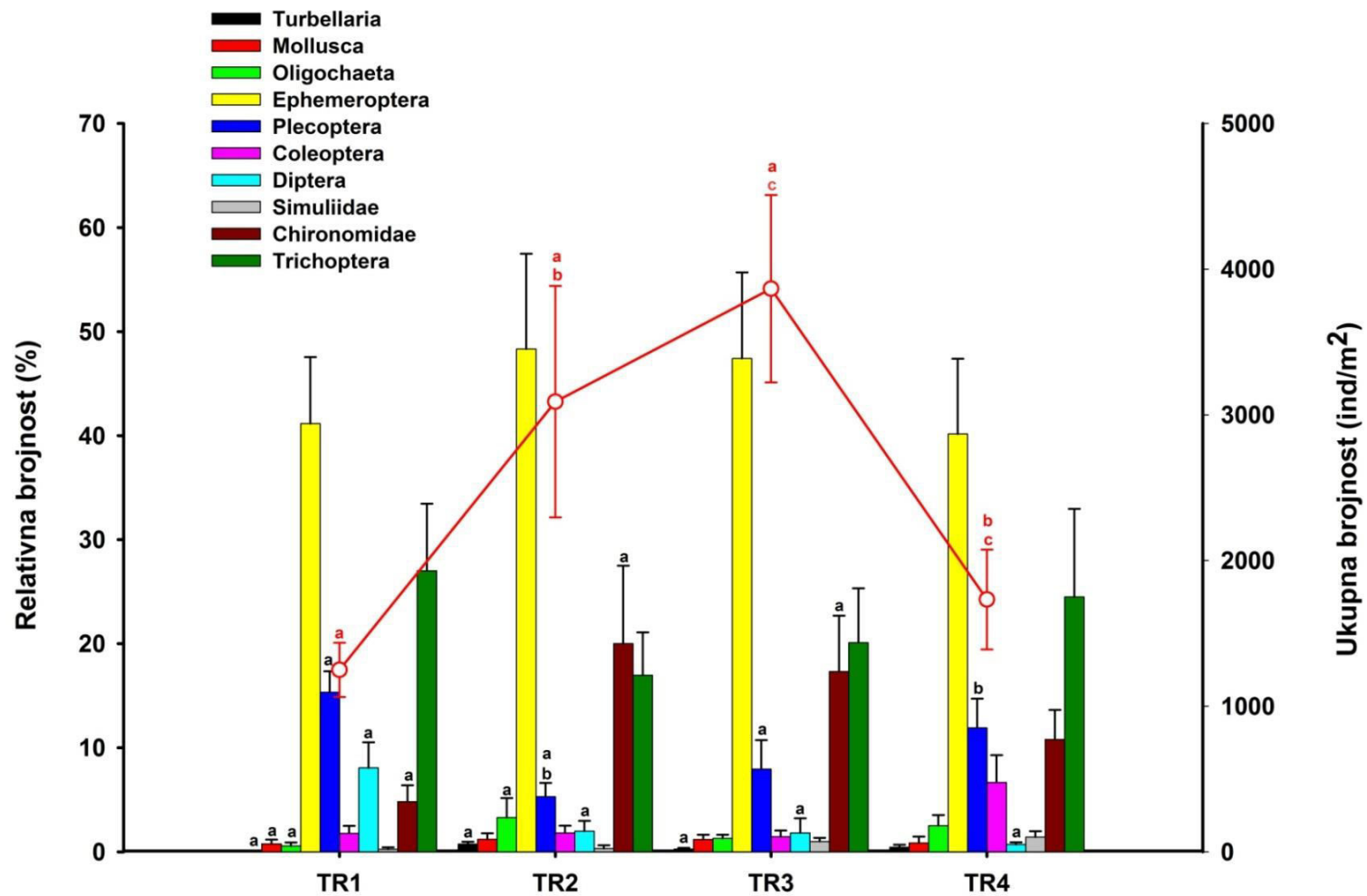
Grupe sa najmanjim brojem registrovanih taksona (Platyhelminthes, Mollusca i Oligochaeta) su ujedno bile i grupe sa najnižom relativnom brojnošću, koje nisu imale veliki doprinos u obrazovanju zajednica makroinvertebrata.

4.1.7. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Studenice

Na reci Studenici, duž istraživanih lokaliteta (ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6), pronađeno je ukupno 154 taksona iz različitih taksonomskih kategorija organizama makrozoobentosa. Kvalitativni sastav makrozoobentosa istraživanih lokaliteta Studenice, prikazan je u Tabeli 23.

Sa samo jednom registrovanom vrstom u okviru filuma Mollusca (*Ancylus fluviatilis*) i subfiluma Crustacea (*Gammarus fossarum*), čine grupe sa najmanjim brojem detektovanih taksona u istraživanom delu toka reke Studenice. Filum Annelida uključuje 12 taksona, tri je determinisano do nivoa roda, a devet do nivoa vrste. Jedna vrsta identifikovana je iz klase Hirudinea (*Erpobdella testacea*), dok ostali taksoni pripadaju klasi Oligochaeta. Četiri vrste maločekinjastih glista: *Fridericia callosa* (Eisen, 1878), *Haplotaxis gordioides* (Hartmann, 1821), *Pelosclex velutina* (Grube, 1879) i *Stylodrilus heringianus* Claparede, 1862, iz četiri različite familije, beleže prisustvo na svih šest lokaliteta.

Najmanji broj predstavnika akvatičnih grupa insekata registrovan je u redu Coleoptera. Vrste *Elmis aenea* i *Hydraena gracilis* su najzastupljeniji akvatični tvrdokrilci. Reku Studenicu odlikuje raznovrsna zajednica EPT taksona. Naročito se ističu vodeni cvetovi, sa 26 određenih taksona. Najveći broj vrsta determinisan je iz familija Baetidae, kao i Heptagenidae, a zabeležene su dve nove vrste za teritoriju Srbije - *Rhithrogena cf. hercynia* Landa, 1969 i *R. cf. savoienensis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987. Trioptera su takođe brojne taksonima, identifikovano je 15 vrsta iz 11 različitih rodova, gde je rod *Hydropsyche* najbrojniji vrstama. U okviru reda Plecoptera zabeleženo je ukupno 11 rodova, među kojima su registrovani retki taksoni – rodovi *Chloroperla* Newman, 1836 (na lokalitetu ST4) i *Siphonoperla* (na lokalitetima ST1 i ST2). Određeno je osam vrsta i dve grupe vrsta, *Leuctra fusca* i *L. prima-hippopus-inermis*.



Slika 24. Srednje vrednosti ± standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi

Najveći broj identifikovanih taksona je iz familije Chironomidae, kao i u slučaju drugih istraživanih tekućica. Zajedno sa ostalim predstavnicima iz reda Diptera, ukupno broje 62 taksona, determinisanih do nivoa roda, podroda, vrste ili grupe vrsta. Često uzorkovane vrste hironomida su *Eukiefferiella clypeata* (Thienemann, 1919), *Tvetenia discoloripes* (Goetghebuer & Thienemann, 1936) i *T. calvescens* (Edwards, 1929), čije je prisustvo zabeleženo na svim lokalitetima.

Kvantitativnom analizom zajednice makroinvertebrata reke Studenice, najveća ukupna brojnost zabeležena je lokalitetu ST3, sa vrednošću od 7793 ± 2274 ind/m² (Slika 25). Statistički značajna razlika u padu brojnosti uočava se na lokalitetu ST2, sa dostignutom vrednošću od 3522 ± 595 ind/m². Eudominantne grupe na svih šest lokaliteta su akvatični insekti iz redova Ephemeroptera i Trichoptera, kao i iz familije Chironomidae, koji imaju bitnu ulogu u oblikovanju zajednica makroinvertebrata duž istraživanih lokaliteta. Od prvog do četvrtog lokaliteta vodeni cvetovi imaju najveću relativnu brojnost (sa maksimalnim učešćem od $33,22 \pm 3,77\%$, na ST2), dok na četvrtom i petom lokalitetu prednjače hironomidae (sa maksimalnim učešćem od $37,97 \pm 7,83\%$, na ST5). Iako je raznovrsnost tvrdokrilaca u reci Studenici mala, oni su određeni ili kao eudominantna (lokaliteti ST2 i ST6), a češće dominantna grupa (lokaliteti ST1, ST3, ST4 i ST5). U uzorcima makrozoobentosa, oligohete su ili dominantne, odnosno subdominantne, dok su samo na trećem lokalitetu eudominantne, usled njihove povećane relativne brojnosti. Relativna brojnost plekoptera opada od prvog lokaliteta, sa statističkom značajnošću u padu brojnosti na lokalitetu ST6. Statistički značajne razlike u relativnoj brojnosti dvokrilaca nisu zabeležene, izuzev za familiju Simuliidae čije učešće značajno raste na četvrtom lokalitetu, postavši eudominatna grupa. Na reci Studenici, jedino su predstavnici iz filuma Mollusca na pojedinim lokalitetima dobili status recedentne (lokaliteti ST2 i ST6), odnosno subrecendentne (lokalitet ST1 i ST4) grupe.

Tabela 23. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
	Mollusca							
1.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancyliidae	+	+	+	+	+	+
	Annelida							
2.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+				
3.	<i>Dero</i> sp.	Oligochaeta – Naididae			+			
4.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbriculidae	+		+	+	+	+
5.	<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878)	Oligochaeta – Enchytraeidae	+	+	+	+	+	+
6.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae	+	+	+	+	+	+
7.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae					+	
8.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+					
9.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae				+		
10.	<i>Peloscolex velutina</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	+	+
11.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae		+				
12.	<i>Stylo-drilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+	+	+	+
13.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae	+	+		+		+
	Chelicerata							
14.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+	+	+	+	+
	Crustacea							
15.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+	+
	Insecta – Ephemeroptera							
16.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
17.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
18.	<i>Baetis (Baetis) scambus</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
19.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+		+	+
20.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
21.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+
22.	<i>Caenis cf. rivulorum</i> Eaton, 1884	Ephemeroptera – Caenidae			+	+	+	
23.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. forcipula</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Heptageniidae		+	+	+	+	
24.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
25.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+			
26.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
27.	<i>Ephemerella (Ephemerella) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+		+	
28.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+		+
29.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+
30.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+
31.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+
32.	Ephemerellidae – nedeterminisane	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 23. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
33.	<i>Habroleptoides</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+					
34.	<i>Rhithrogena cf. hercynia</i> Landa, 1969	Ephemeroptera – Heptageniidae				+		
35.	<i>Rhithrogena cf. savoiensis</i> Alba-Tercedor & Sowa, 1987 (<i>diaphana</i> gr.)	Ephemeroptera – Heptageniidae			+	+		
36.	<i>Rhithrogena diaphana</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae					+	+
37.	<i>Rhithrogena hybrida</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+					
38.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
39.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+	
40.	<i>Rhithrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+
41.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+				
Insecta – Plecoptera								
42.	<i>Amphinemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+		+			
43.	<i>Brachyptera seticornis</i> (Klapalek, 1902)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+		+	+	+	+
44.	<i>Brachyptera</i> sp.	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+		+	+	+	+
45.	<i>Chloroperla</i> sp.	Plecoptera - Chloroperlidae – Chloroperlinae				+		
46.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
47.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
48.	<i>Isoperla cf. rivulorum</i> (Pictet, 1841)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae	+		+			
49.	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae	+		+	+	+	+
50.	<i>Isoperla</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae	+	+			+	
51.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae				+		
52.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+	+
53.	<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+	+
54.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+		+	
55.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+	+	+
56.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae				+		+
57.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+
58.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+		+		
59.	<i>Perlodes microcephalus</i> (Pictet, 1833)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae		+	+			+
60.	<i>Perlodes</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae	+					
61.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+			+	+	+
62.	<i>Siphonoperla</i> sp.	Plecoptera - Chloroperlidae – Chloroperlinae	+	+				

Nastavak Tabele 23. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice.

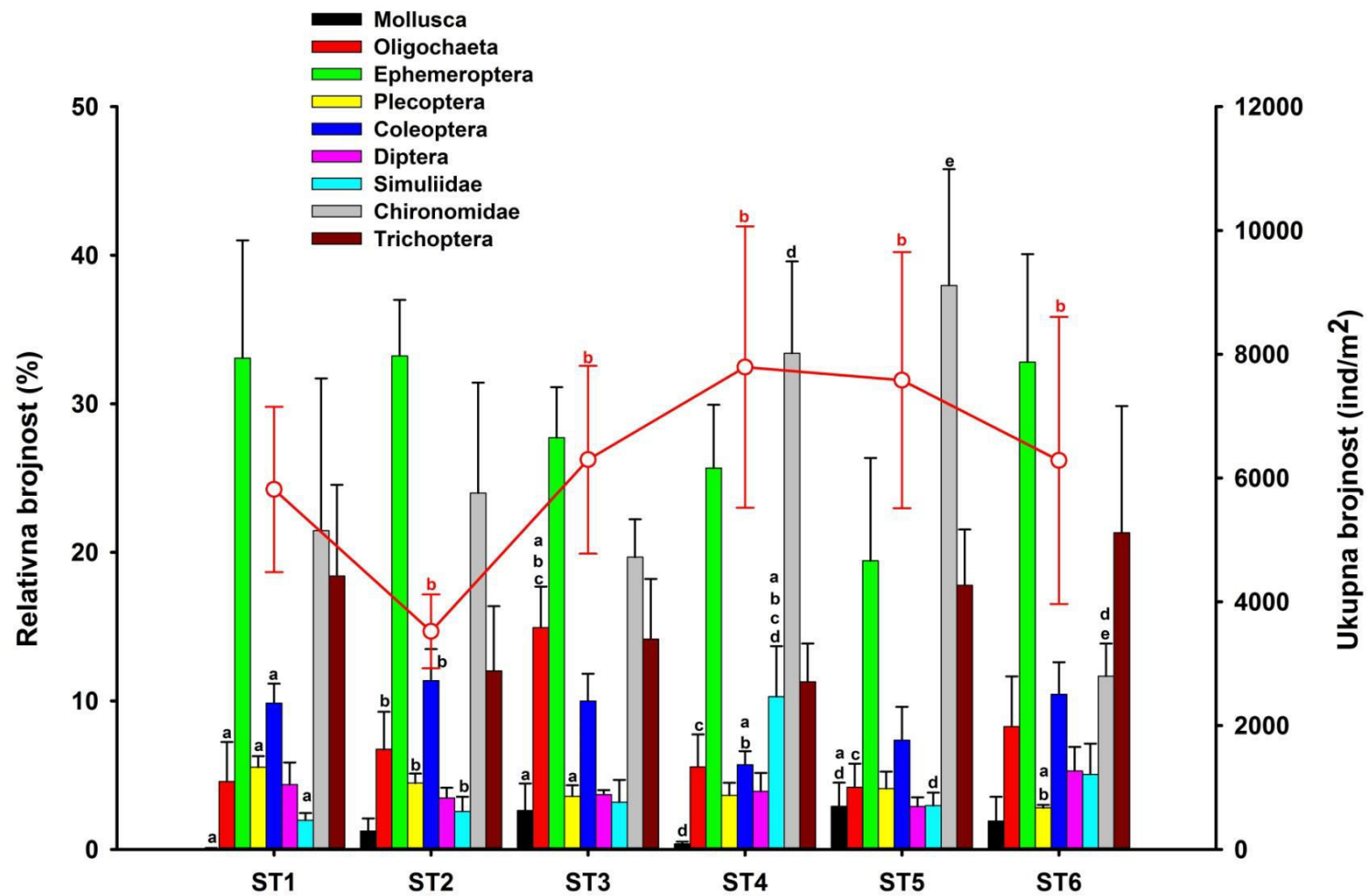
	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
Insecta - Coleoptera								
63.	<i>Amphiops</i> sp.	Coleoptera – Hydraenidae	+					
64.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
65.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+	+
66.	<i>Limnius</i> sp.	Coleoptera – Elmidae				+		
67.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae	+	+	+		+	+
68.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera								
69.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+	+	+
70.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	Diptera – Athericidae	+	+	+		+	+
71.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricius, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+
72.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+
73.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blepharicaeridae	+	+	+	+	+	+
74.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae					+	
75.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+	+
76.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae	+				+	
77.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+		+		+	+
78.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae				+		+
79.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+	+	+	+	+	+
80.	<i>Odontomyia</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae					+	
81.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae					+	
82.	<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae	+	+		+	+	+
83.	<i>Tonoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae	+					
Insecta – Simuliidae								
84.	<i>Simulium (Simulium) argyreatum</i> Meigen, 1838	Diptera – Simuliidae	+					
85.	<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae				+	+	
86.	<i>Simulium (Simulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+
87.	<i>Simulium (Simulium) variegatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+
88.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+	+	+		+	
Insecta – Chironomidae								
89.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+		+
90.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+	+	+			+
91.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	+	+	
92.	<i>Corynoneura scutellata</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae				+	+	+
93.	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		

Nastavak Tabele 23. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
94.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
95.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i> (Linnaeus, 1758)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
96.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini	+	+	+		+	+
97.	<i>Diamesa</i> sp.	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini				+		
98.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini			+	+	+	
99.	<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladiinae		+			+	
100.	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+	+
101.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+		+
102.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
103.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+		
104.	<i>Eukiefferiella tirolensis</i> Goetghebuer, 1938	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
105.	<i>Heleniella ornaticollis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
106.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+	+
107.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+					
108.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae					+	+
109.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		+
110.	<i>Odontomesa fulva</i> (Kieffer, 1919)	Chironomidae – Prodiamesinae				+		
111.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae				+		+
112.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
113.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+		
114.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
115.	<i>Paracladopelma laccophila</i> (Kieffer, 1922)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+		
116.	<i>Paracricotopus</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
117.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spaerck, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+
118.	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+		
119.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
120.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+
121.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini						+
122.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae - Diamesini	+	+			+	
123.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae	+		+			+
124.	<i>Rheocricotopus (Psilocricotopus) chalybeatus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae				+		
125.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+	

Nastavak Tabele 23. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
126.	<i>Synorthocladus semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	
127.	<i>Tanitarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini				+		
128.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthoclaadiinae		+	+	+	+	
129.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
130.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthoclaadiinae	+	+	+	+	+	+
Insecta – Trichoptera								
131.	<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Brachycentridae	+		+			
132.	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera- Hydropsychidae			+			
133.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+		+		+	
134.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae	+	+		+	+	+
135.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+		+			
136.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
137.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae				+		
138.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
139.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+
140.	<i>Hydroptila cf. sparsa</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Hydroptilidae			+	+	+	+
141.	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Lepidostomatidae	+					
142.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae	+		+	+	+	+
143.	<i>Leptocerus</i> sp.	Trichoptera – Leptoceridae			+	+	+	+
144.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+				
145.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+	+	+
146.	<i>Lithax</i> sp.	Trichoptera – Goeridae					+	
147.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae	+	+	+	+	+	+
148.	<i>Philopotamus</i> sp.	Trichoptera – Philopotamidae			+	+	+	
149.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+
150.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+				+	+
151.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+	+
152.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+	+
153.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+	+			+
Insecta – Hymenoptera								
154.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae	+		+		+	+



Slika 25. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Studenice. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

4.1.8. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Rače

Deo toka reke Rače na kome je vršeno istraživanje (lokaliteti RČ1, RČ2, RČ3, RČ4, RČ4', RČ5, RČ6) odlikuje raznovrsna zajednica makroinvertebrata, sa 177 determinisanih taksona, iz pet taksonomskih kategorija. Ovako veliki diverzitet ovih zajednica prepisuje se, pre svega, brojnim predstavnicima familije Chironomidae, sa čak 41 determinisanom vrstom. Dve najčešće prisutne vrste (na svim lokalitetima, tokom svih sedam sezona istraživanja) su *Tvettenia calvescens* i *T. discoloripes*. Vrsta *Symbiocladius rhithrogenae* (Zavrel, 1924), hironomida koja parazitira predstavnike vodenih cvetova roda *Rhithrogena* Eaton, 1881, pronađena je na prva tri lokaliteta, a ujedno predstavlja novi nalaz za Srbiju. U okviru redova Diptera (izuzev hironomida) i Ephemeroptera konstatovan je isti broj taksona. U obe grupe, determinisano je 14 vrsta, a na lokalitetu RČ4' zabeležena je nova vrsta vodenih cvetova za faunu Srbije – *Rhithrogena cf. braaschi* Jacob, 1974. Dve najčešće vrste dvokrilaca su *Artherix ibis* (Fabricus, 1798) i *A. marginata* (Fabricus, 1781), prisutne od prvog do šestog lokaliteta, a vrste *Baetis rhodani* i *Epeorus assimillis* dominirale su u uzorcima efemeroptera. Iz EPT grupe, po broju taksona izdvajaju se trioptere. Determinisano je ukupno 19 vrsta (iz 14 rodova) i sedam rodova, od kojih su *Hydropsyche* i *Rhyacophila* najbrojniji vrstama. Česta vrsta, prisutna na svim istraživanim lokalitetima je *Sericostoma personatum*. Red Plecoptera broji ukupno 17 određenih taksona. Rod *Leuctra* Stephens, 1836 odlikuje najveći broj vrsta, dok *Perla marginata* (Panzer, 1799) predstavlja najčešće uzorkovanu vrstu plekoptera. Kao i u drugim tekućicama, za red Coleoptera karakteristično je prisustvo malog broja taksona, sa tri determinisane vrste i tri roda. Vrste *Elmis aenea* i *Hydraena gracilis*, u svim sezonama i na svim lokalitetima, dominirali su u uzorcima akvatičnih tvrdokrilaca.

Prisustvo pijavice *Erpobdella testacea* registrovano je na svih sedam lokaliteta. Zabeleženo je šest vrsta akvatičnih oligoheta, a najviše je konstatovano na RČ3.

U filumu Mollusca, dominirali su puževi, sa četiri determinisane vrste: *Ancylus fluviatilis*, *Bithynia tentaculata*, *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) i *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758). Rod *Pisidium* je jedini zabeleženi takson iz klase Bivalvia.

Najmanji broj taksona odlikuje filum Platyhelminthes, sa jednom determinisanom vrstom (*Dugesia lugubris*) i subfilum Crustacea sa dve determinisane vrste iz roda *Gammarus* (*G. balcanicus* i *G. fossarum*).

Kvalitativni sastav zajednice makrozoobentosa reke Rače prikazan je u Tabeli 24.

Na lokalitetima reke Rače, zabeležena je oscilacija u ukupnoj brojnosti taksona makroinvertebrata. Od prvog ka drugom lokalitetu, ukupna brojnost opada, da bi se na trećem lokalitetu uočio statistički značajan porast u brojnosti, u odnosu na drugi, četvrti i šesti lokalitet, na kom opet dolazi do smanjenja ukupne brojnosti makroinvertebrata (Slika 26). Vrednost od 12.786 ± 3180 ind/m² je najveća zabeležena brojnost, upravo na trećem lokalitetu, pre svega zbog brojnih taksona iz filuma Mollusca zabeleženih na ovom lokalitetu.

Predstavnici iz filuma Annelida imaju malo učešće u odnosu na ukupan broj uzorkovanih taksona. Na skoro svim lokalitetima su subrecendentna grupa, izuzev u slučaju oligoheta koje su na lokalitetu RČ2 subrecendentne, kao i pijavica koje na RČ3 sa učešćem od $9,82 \pm 1,90\%$, postaju skoro eudominantna grupa. Za predstavnike iz reda Diptera, Trichoptera i Plecoptera uočava se statistički značajan pad u relativnoj brojnosti ovih grupa na lokalitetu RČ3 (Slika 26). Ovaj trend je naročito izražen kod dvokrilaca, koji na ovom lokalitetu dobijaju status subrecedentnog reda. Nasuprot tome, amfipodni račići zauzimaju najveće učešće upravo na trećem lokalitetu, čija vrednost dostiže $25,55 \pm 5,84\%$, kao i hironomidae koje na istom lokalitetu postaju eudominantne. Jedina grupa koja je na svim lokalitetima eudominantna jeste red Ephemeroptera, koja takođe na trećem lokalitetu dostiže najveću relativnu brojnost, pre svega zbog velike ukupne brojnosti vrste *Baetis rhodani*.

Tabela 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
Plathyhelminthes									
1.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+			+	+
Mollusca									
2.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancylidae	+	+	+	+	+	+	+
3.	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Bithynidae	+	+	+	+			
4.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbiidae		+		+	+		
5.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae	+	+	+	+	+		+
6.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae		+	+	+			+
Annelida									
7.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+	+			+	+	+
8.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae						+	
9.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae			+				
10.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae				+			
11.	<i>Nais bretsheri</i> Michaelsen, 1899	Oligochaeta – Naididae			+	+			
12.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae				+			
13.	<i>Stylogdrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae			+			+	+
14.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+			+
15.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae	+	+	+	+	+	+	+
Chelicerata									
16.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+	+	+	+	+	+
Crustacea									
17.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae			+	+	+	+	+
18.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae		+	+	+			
19.	<i>Gammarus</i> sp. juv.	Amphipoda – Gammaridae	+					+	
Insecta – Ephemeroptera									
20.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	+
21.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> gr.	Ephemeroptera – Baetidae			+	+			
22.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+	+	+	+
23.	<i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	
24.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae	+		+	+	+	+	+
25.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	+
26.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	+
27.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae			+	+			
28.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) cf. subalpinus</i> Klapalek, 1907	Ephemeroptera – Heptageniidae	+				+		
29.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) sp.</i>	Ephemeroptera – Heptageniidae	+		+	+	+	+	+
30.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+
31.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+
32.	<i>Ephemerella (Ephemerella) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae				+	+	+	+
33.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+	+	+	+
34.	<i>Ephemerella (Serraltella) ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
35.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+	+
36.	Ephemerellidae – nedeterminisane	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+	+
37.	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+	+		+	+	+	+
48.	<i>Habroleptoides</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae			+	+	+		+
49.	<i>Rhithrogena cf. braaschi</i> Jacob, 1974	Ephemeroptera – Heptageniidae					+		
40.	<i>Rhithrogena hybrida</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae				+			
41.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+		+				+
42.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+
43.	<i>Rhitrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+
44.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae				+			
Insecta – Plecoptera									
45.	<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae					+		
46.	<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1896)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae			+	+		+	+
47.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+		+	+	+	+
48.	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae			+				
49.	<i>Isoperla</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae						+	
50.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae					+		
51.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+		+	+	+	+
52.	<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae				+			+
53.	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae							+
54.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae						+	+
55.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+		+	+	+	+
56.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+	+					+
57.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+	+	+
58.	<i>Perla pallida</i> Guerin, 1838	Plecoptera - Perlidae – Perlinae							+
59.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae		+				+	+
60.	<i>Protonemura praecox</i> (Morton, 1894)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+	+	+		+		
61.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae		+	+	+			
Insecta – Coleoptera									
62.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+	+
63.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+	+	+
64.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae	+	+	+	+	+	+	+
65.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae					+	+	+
66.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera									
67.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae				+			
68.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
69.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera – Athericidae	+	+	+	+	+	+	+
70.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae			+	+	+	+	+
71.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blephariceraidae	+			+	+	+	+
72.	<i>Chrysopilus auratus</i> (Fabricus, 1805)	Diptera – Rhagionidae					+		
73.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae			+	+	+	+	
74.	<i>Clinocera</i> sp.	Diptera – Empididae							+
75.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae					+	+	
76.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae					+		
77.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae		+	+	+	+	+	
78.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae					+		
79.	<i>Lianculus</i> sp.	Diptera – Empididae		+					
80.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+			+	+		
81.	<i>Limnophora riparia</i> (Fallen, 1824)	Diptera – Muscidae			+				
82.	<i>Nemotelus</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae						+	
83.	<i>Odontomyia</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae	+	+	+	+	+		
84.	<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	Diptera – Tipulidae		+			+		+
85.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera – Tipulidae	+	+			+	+	+
Insecta – Simuliidae									
86.	<i>Simulium (Eusimulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+		+	+			
87.	<i>Simulium (Simulium) maximum</i> (Knoz, 1961)	Diptera – Simuliidae			+				
88.	<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae			+				
89.	<i>Simulium (Simulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+	+
90.	<i>Simulium (Simulium) variegatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae			+				
91.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae			+		+	+	
Insecta – Chironomidae									
92.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+	+	+	+
93.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+	+	+	
94.	<i>Chetocladius piger</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae	+					+	+
95.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+				+	+	+
96.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+					+	+
97.	<i>Corynoneura coronata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae	+						
98.	<i>Corynoneura scutellata</i> grp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+	+	+	
99.	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladiinae			+				
100.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+			+	+
101.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladiinae			+				+
102.	<i>Demicryptochironomus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini							+
103.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+					

Nastavak Tabele 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
104.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+					
105.	<i>Epoicocladus flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladiinae		+					+
106.	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+	+	+
107.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	
108.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+		+	+	+
109.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladiinae		+					+
110.	<i>Heleniella ornaticollis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+				+		
111.	<i>Macropelopia adaucta</i> Kieffer, 1916	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini					+		
112.	<i>Metriocnemus hirticollis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+				+		
113.	<i>Micropsectra bidentata</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini				+			
114.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+	+	+
115.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+			
116.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae					+		+
117.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+		+	+
118.	<i>Nilotanypus dubius</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini							+
119.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+			+	
120.	<i>Orthocladius (Euorthocladius) rivulorum</i> Kieffer, 1909	Chironomidae – Orthocladiinae				+		+	
121.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	+
122.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp1	Chironomidae – Orthocladiinae					+		+
123.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+			+	
124.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	+
125.	<i>Paracladopelma nigrifulum</i> (Goetghebuer, 1942)	Chironomidae – Orthocladiinae							+
126.	<i>Paracricotopus</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae				+	+		
127.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	+
128.	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+	+		+
129.	<i>Paratendipes nudisquama</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+					
130.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+		
131.	<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae				+			
132.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) cf. tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+			
133.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) uncinatum</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+	+	+	
134.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+	+		+
135.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+	+
136.	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+			
137.	<i>Potthastia gaedi</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini						+	

Nastavak Tabele 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
138.	<i>Potthastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+	+	+
139.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae			+				
140.	<i>Psectrocladius platypus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae				+			
141.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) efusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+		+		
142.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae			+		+		+
143.	<i>Rheotanytarsus</i> spp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini			+				
144.	<i>Symbiocladius rhithrogenae</i> (Zavrel, 1924)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+				
145.	<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+		+		+		
146.	<i>Tanitarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini			+				
147.	<i>Thienemanniella acuticornis</i> (Kieffer, 1912)	Chironomidae – Orthocladiinae			+				
148.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+			+			
149.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	+
150.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+	+	+
Insecta – Trichoptera									
151.	<i>Agapetus</i> sp.	Trichoptera – Glossosomaidae				+	+		
152.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae		+					+
153.	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera- Hydropsychidae							+
154.	<i>Glossosoma conforme</i> Neboiss, 1963	Trichoptera – Glossosomaidae		+		+			
155.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae	+		+	+	+	+	+
156.	<i>Glossosoma</i> sp.	Trichoptera – Glossosomaidae					+		
157.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+		+	+
158.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae			+				+
159.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+	+
160.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae				+			
161.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+	+
162.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+	+
163.	<i>Hydroptila cf. sparsa</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Hydroptilidae							+
164.	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Lepidostomatidae			+				
165.	<i>Leptocerus</i> sp.	Trichoptera – Leptoceridae				+			
166.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae	+	+		+	+	+	+
167.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae			+	+		+	+
168.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae							+
169.	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	Trichoptera – Philopotamidae					+	+	
170.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae							+
171.	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Trichoptera – Rhyacophilidae				+			
172.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+		+	+	+	+	+
173.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+	+
174.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 24. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače.

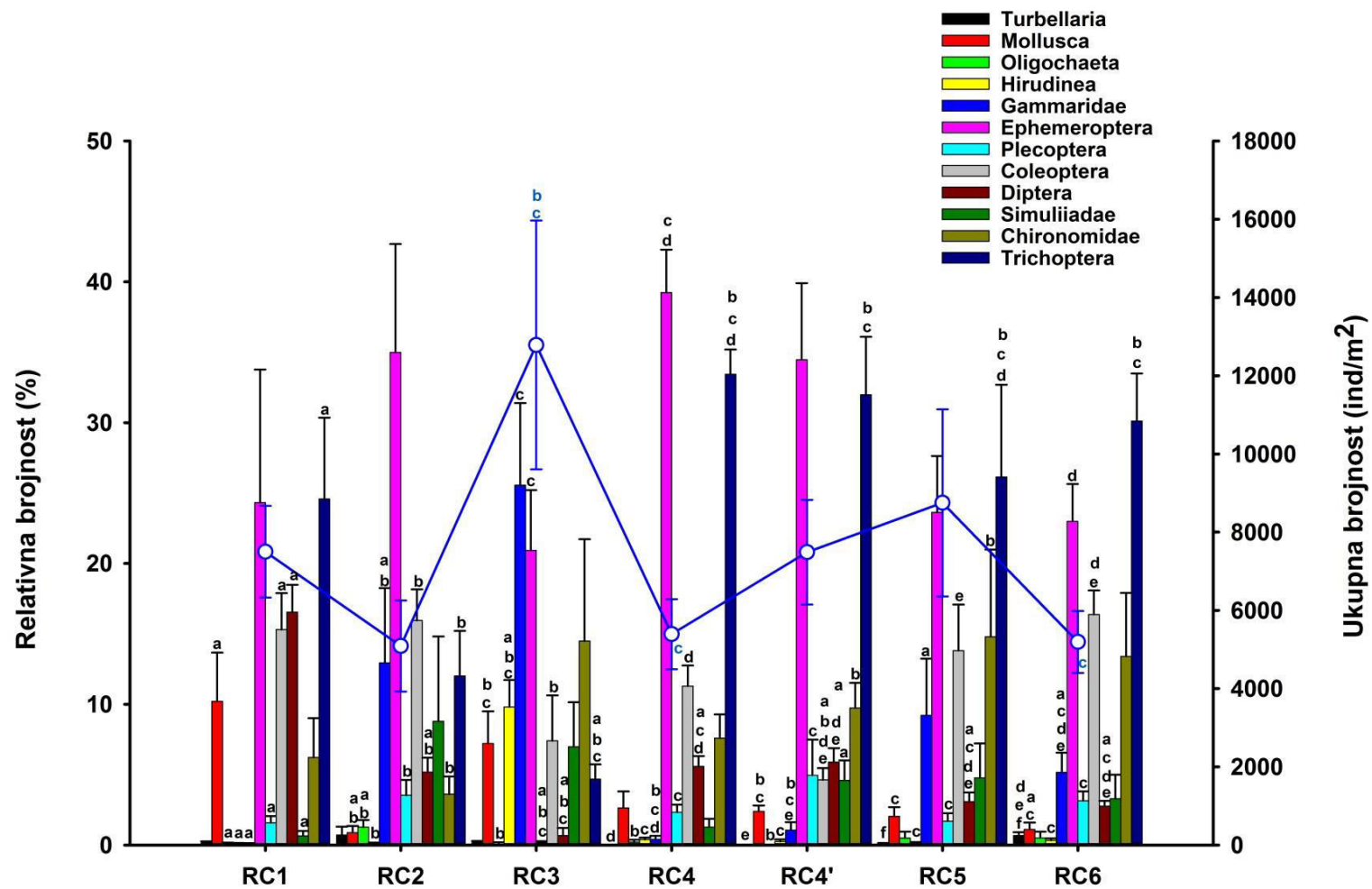
	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
175.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+	+	+
176.	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera – Goeridae				+			
	Insecta – Hymenoptera								
177.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae	+			+		+	+

4.1.9. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica makrozoobentosa reke Mlave

Na pet istraživanih lokaliteta na reci Mlavi (ML1, ML2, ML3, ML4 i ML5), zabeleženo je 119 taksona makroinvertebrata, čineći je jednom od tekućica (posle reke Raške) sa najmanjim brojem registrovanih taksona. Kvalitativni sastav ove zajednice prikazan je u Tabeli 25.

Najmanji broj detektovanih taksona vezan je za filum Platyhelminthes i subfilum Crustacea. Zabeleženo je tri vrste turbelarija: *Crenobia alpina montenegrina* (Mrázek, 1904), *Dugesia lugubris* i *D. gonocephala* i tri vrste slatkovodnih račića: *Candona candida*, *Gammarus balcanicus* i *G. dulensis* (pronađen samo u mešovitim populacijama sa *G. balcanicus*). U okviru filuma Mollusca, dominirali su slatkovodni puževi iz četiri različite familije: Ancyliidae, Bithynidae, Planorbidae i Lymnaeidae. *Ancylus fluviatilis* i školjka roda *Pisidium* prisutni su na svih pet istraživanih lokaliteta. Filum Annelida odlikuje 14 identifikovanih taksona, do nivoa roda ili vrste. Determinisane su dve vrste pijavica: *Erpobdella testacea* (prisutna od prvog do petog lokaliteta) i *Glossiphonia complanata* (Linnaeus, 1758) (zabeležena samo na lokalitetu ML3), kao i dva roda i deset vrsta akvatičnih oligoheta, sa familijom Tubificidae kao najzastupljenijom.

Broj taksona akvatičnih insekata u reci Mlavi je nešto manji u poređenju sa ostalim tekućicama. Najmanji broj taksona vezan je za red Coleoptera, sa dva determinisana roda i dve vrste, iz tri različite familije (Elmidae, Hydraenidae i Hydrophilidae). Ukupno 49 taksona iz reda Diptera, zajedno sa familijom Chironomidae, registrovano je u istraživanom delu toka reke Mlave. U okviru EPT grupe, sa 19 determinisanih taksona trihoptere su bile najbrojnije, zatim efemeroptere (13) i plekoptere (sedam taksona). Najčešći taksoni ovih insekata su: *Rhyacophila obliterated*, *Sericostoma personatum*, *Baetis rhodani* i *Perla marginata*.



Slika 26. Srednje vrednosti \pm standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Rače. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

Iako ne brojna taksonima, reka Mlava se odlikovala velikom ukupnom brojnošću organizama makrozoobentosa (Slika 27). Na lokalitetu ML2, dostiže maksimalnu vrednost od $50.369 \pm 9274 \text{ ind/m}^2$. Razlog ovako visoke vrednosti ukupne brojnosti (koja je uočljiva i na lokalitetu ML3) čini veliko učešće familije Gammaridae, sa čak $90,76 \pm 3,88\%$. Ka lokalitetu ML5, njihova brojnost opada, tako da je na istom, registrovana i najmanja ukupna brojnost od $16.098 \pm 3096 \text{ ind/m}^2$. Pored amfipodnih račića, eudominantne grupe su bile hironomide, samo na prvom lokalitetu, kao i akvatični tvrdokrilci, samo na petom lokalitetu.

Relativna brojnost mekušaca na lokalitetu ML2 statistički značajno opada (postaju subprecedentna grupa), da bi na lokalitetu ML5 njihovo ušće opet poraslo, na osnovu čega dobijaju status subdominantne grupe. Slična situacija zabeležena je za predstavnike turbelarija, izuzev toga što imaju nižu procentualnu zastupljenost u odnosu na mekušce, na lokalitetima gde je njihova učestalost najviša (ML1 i ML5). Oligohete su na skoro svim lokalitetima bile subdominantna grupa, statistički značajna razlika u relativnoj brojnosti uočljiva je jedino između prvog i četvrtog lokaliteta.

Procentualna zastupljenost EPT taksona je na istraživanom delu toka reke Mlave izuzetno niska, tako da su plekoptere na svim lokalitetima bile subprecedentna grupa. Na petom lokalitetu beleži se porast procentualne zastupljenosti trihoptera i efemeroptera, što je naročito uočljivo kod trihoptera gde je zabeležen statistički značajan porast u relativnoj brojnosti, posmatrano u odnosu na ostala četiri lokaliteta (Slika 27).

Tabela 25. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Mlave.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
Plathyhelminthes							
1.	<i>Crenobia alpina montenegrina</i> (Mrázek, 1904)	Turbellaria – Planariidae	+	+			
2.	<i>Dugesia gonocephala</i> (Duges, 1830)	Turbellaria – Dugesiidae					+
3.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+	+	+
Mollusca							
4.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancyliidae	+	+	+	+	+
5.	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Bithynidae	+	+			
6.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbiidae	+	+	+	+	
7.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae	+	+			
8.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae	+	+	+	+	+
Annelida							
9.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae			+		
10.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae		+	+		+
11.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae	+		+		
12.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+				
13.	<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae	+				
14.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae	+				
15.	<i>Peloscolex ferox</i> (Eisen, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae		+	+		+
16.	<i>Peloscolex velutina</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae				+	+
17.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae			+		
18.	<i>Rynchelmis limosella</i> Hoffmeister, 1843	Oligochaeta – Lumbriculidae	+				
19.	<i>Stygodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+	+	+
20.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	
21.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae	+	+	+	+	+
22.	<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	Hirudinea – Glossiphonidae			+		
Chelicerata							
23.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+	+	+	+
Crustacea							
24.	<i>Candona candida</i> (Müller, 1776)	Ostracoda – Cypridoidea	+				
25.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+	+	+	+
26.	<i>Gammarus dulensis</i> S. Karaman, 1929	Amphipoda – Gammaridae	+	+			
Insecta – Ephemeroptera							
27.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae				+	+
28.	<i>Baetis (Baetis) vernus</i> group	Ephemeroptera – Baetidae		+		+	
29.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+	+
30.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae		+	+	+	+
31.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. torrentis</i> Kimmins, 1942	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+
32.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae					+
33.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+

Nastavak Tabele 25. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Mlave.

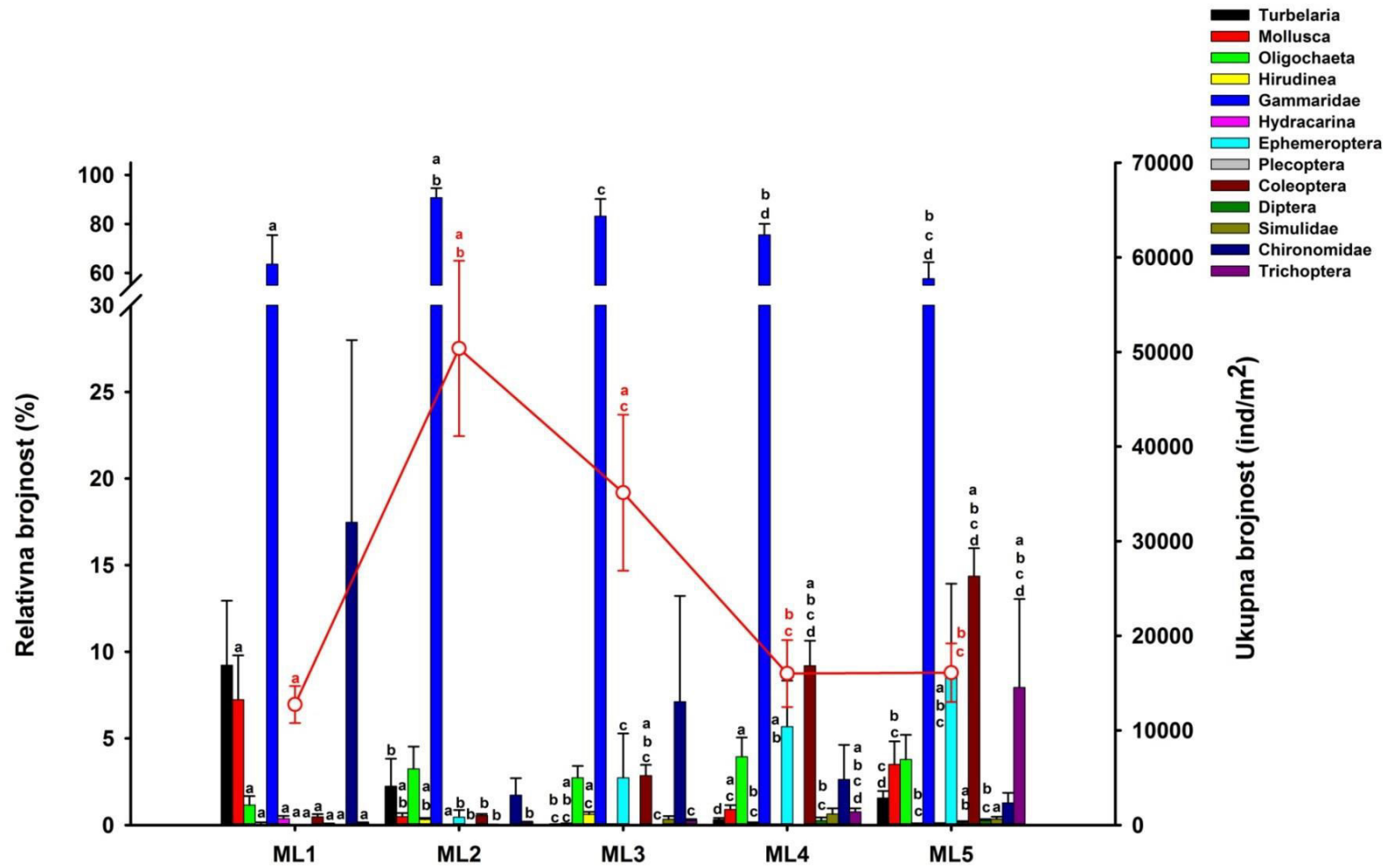
	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
34.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae			+	+	+
35.	<i>Ephemerella (Ephemerella) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae				+	+
36.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae				+	+
37.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae				+	+
38.	<i>Rhitrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae			+	+	+
39.	<i>Rhitrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+
Insecta – Plecoptera							
40.	<i>Capnia</i> sp.	Plecoptera - Capniidae – Capniinae					+
41.	<i>Isoperla cf. buresi</i> Rauser, 1962	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae			+		
42.	<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae					+
43.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae				+	
44.	<i>Perla burmeisteriana</i> Claassen, 1936	Plecoptera - Perlidae – Perlinae					+
45.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae				+	+
46.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae					+
Insecta – Coleoptera							
47.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+
48.	<i>Helochares</i> sp.	Coleoptera – Hydrophilidae	+				
49.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae		+	+	+	+
50.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+
Insecta – Diptera							
51.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae					+
52.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+				+
53.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blepharicaeridae			+		
54.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae		+		+	+
55.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae				+	
56.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae				+	
57.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+		+	+	+
58.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae		+			
Insecta – Simuliidae							
59.	<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae		+	+	+	+
60.	<i>Simulium (Simulium)</i> sp.	Diptera – Simuliidae		+	+	+	+
61.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae			+		
Insecta – Chironomidae							
62.	<i>Chaetocladius dentiforceps</i> gr.	Chironomidae – Orthocladiinae	+				
63.	<i>Cladotanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini					+
64.	<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+

Nastavak Tabele 25. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Mlave.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
65.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+			
66.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladiinae					+
67.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini		+	+	+	
68.	<i>Diamesa</i> sp.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini			+		
69.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini		+		+	
70.	<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladiinae					+
71.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+
72.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+
73.	<i>Heleniella ornaticolis</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladiinae			+		
74.	<i>Macropelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini	+				
75.	<i>Micropsectra bidentata</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini				+	
76.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+
77.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae – Orthocladiinae					+
78.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	
79.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+
80.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp1	Chironomidae – Orthocladiinae		+			
81.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+		
82.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+
83.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthocladiinae			+	+	+
84.	<i>Paratanytarsus austriacus</i> (Kieffer, 1924)	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+				
85.	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+			
86.	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthocladiinae					+
87.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+				
88.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+	+	+
89.	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini					+
90.	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schrank, 1803)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+			+	
91.	<i>Potthastia gaedii</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini					+
92.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae	+				
93.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) efusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladiinae	+		+	+	+
94.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+		
95.	<i>Rheotanytarsus</i> spp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini			+		+
96.	<i>Saetheria</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+	+
97.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+

Nastavak Tabele 25. Kvalitativni sastav zajednica makrozoobentosa na lokalitetima reke Mlave.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
98.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladiinae		+	+	+	+
99.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladiinae	+	+	+	+	+
Insecta – Trichoptera							
100.	<i>Agapetus</i> sp.	Trichoptera – Glossosomaidae					+
101.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+		+	+	
102.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomaidae			+		+
103.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae		+	+	+	+
104.	<i>Halesus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae				+	+
105.	<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	Trichoptera – Hydroptilidae					+
106.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae			+		
107.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae				+	+
108.	<i>Lithax</i> sp.	Trichoptera – Goeridae				+	+
109.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae					+
110.	<i>Plectrocnemia</i> sp.	Trichoptera – Polycentropodidae					+
111.	<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae		+	+		+
112.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae			+	+	
113.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+		+
114.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+
115.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+
116.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae		+	+	+	+
117.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+
118.	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera – Goeridae					+
Insecta – Hymenoptera							
119.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae			+	+	+



Slika 27. Srednje vrednosti ± standardne greške ukupne i relativne brojnosti organizama makrozoobentosa na lokalitetima reke Mlave. Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u vrednostima ukupne i relativne brojnosti između lokaliteta označene su istim slovom. Ukupna brojnost prikazana je na desnoj y-osi.

4.1.10. Novi taksoni za entomofaunu Srbije

Osnovno istraživanje ove doktorske disertacije, koje je pre svega bilo vezano za uticaje pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, otvorilo je i mogućnost otkrivanja novih taksona za faunu Srbije. Pored već pomenutih vrsta Ephemeroptera iz roda *Rhithrogena* iz reka Studenice (*R. cf. hercynia* i *R. cf. savoienensis*) i Rače (*R. cf. braaschi*), kao i vrste iz familije Chironomidae iz Rače (*Symbiocladius rhithrogenae*), među novim registrovanim taksonima izdvajaju se još i akvatična vrsta opnokrilaca – *Agriotypus armatus* Curtis, 1832 (Hymenoptera, Ichneumonidae) i larva trihoptera – *Ithytrichia lamellaris* Eaton, 1873 (Trichoptera, Hydroptilidae).

4.1.10.1. Asocijacija larvi vrste *Silo pallipes* Fabricius, 1781 (Trichoptera: Goeridae) i parazitoida *Agriotypus armatus* Curtis, 1832 (Hymenoptera: Ichneumonidae: Agriotypinae): prvi nalaz za Balkansko poluostrvo

Vrsta *Agriotypus armatus* Curtis, 1832 (familija Ichneumonidae, potfamilija Agriotypinae) je idiobiontski ektoparazit prelutki i lutki larvi Trichoptera. Iako ova akvatična vrsta opnokrilaca, kao jedina evropska vrsta (Bennett, 2008), ima široko rasprostranjenje, ona je sada prvi put registrovana na Balkanskom poluostrvu (Bjelanović *et al.*, 2014). Parazitirane jedinice larve *Silo pallipes* (Fabricius, 1781) (Trichoptera, Goeridae) lako se prepoznaju po prisustvu respiratornog filameta na vrhu larvalne kućice (Slika 28). Prisustvo ovog filameta je neophodno za poslednju fazu razvića parazitoida, kada se nalaze u stadijumu mirujućih adulta, kako bi prezimili unutar kućice trihoptera do perioda emergencije, koja se odigrava u proleće.

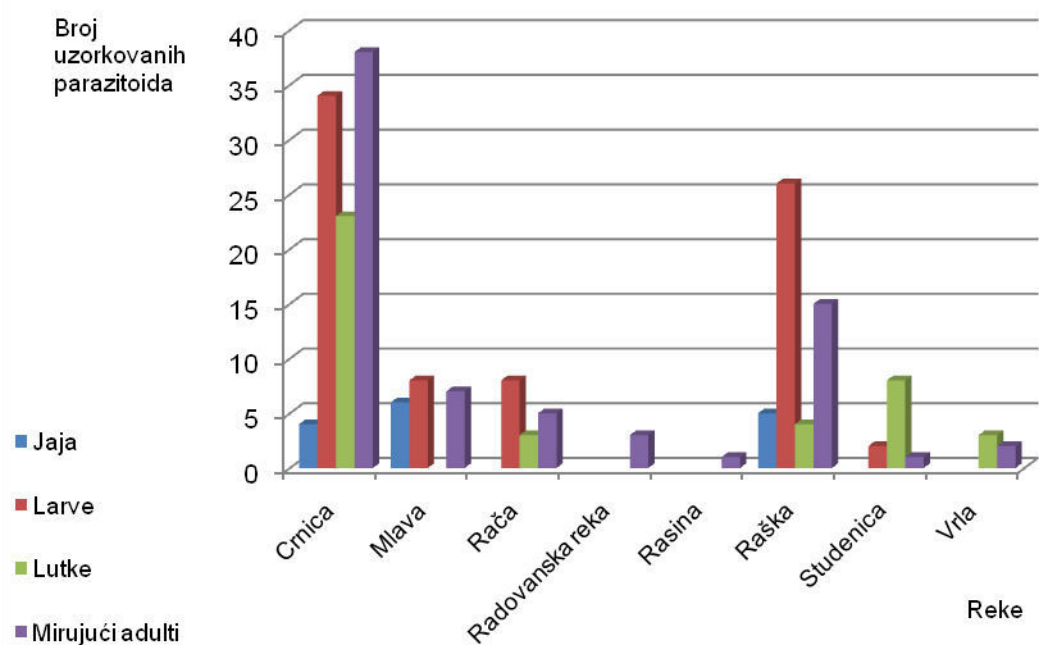
Ovim istraživanjima, osim potvrde vrste *Agriotypus armatus*, na teritoriji Srbije, registrovani su svi životni stadijumi parazitoida i zabeležena je njihova brojnost i procenat parazitiranih domaćina. Takođe, na osnovu analiziranih hemijskih parametara vodene sredine utvrđene su ekološke preference kako parazitoida tako i domaćina.

Vrsta *Agriotypus armatus* je isključivo pronalazena kao parazitoid vrste *Silo pallipes* u uzorcima makrozoobentosa istraživanih reka (prikupljenih kvalitativno i

kvantitativno). Prelutke (poslednji larvalni stadijum pred ulutkavanje) i lutke vrste *S. pallipes* parazitirane od strane *A. armatus*, prikupljene su u okviru petog i sedmog ekoregiona (prema Illies, 1978), u rekama Rači, Rasini, Raškoj i Studenici (V ekoregion), kao i rekama: Crnici, Mlavi, Vrli i Radovanskoj reci (VII ekoregion).



Slika 28. Parazitirane lutke vrste *Silo pallipes* (reka Mlava, lokalitet ML5, fotografija K. Stojanović).



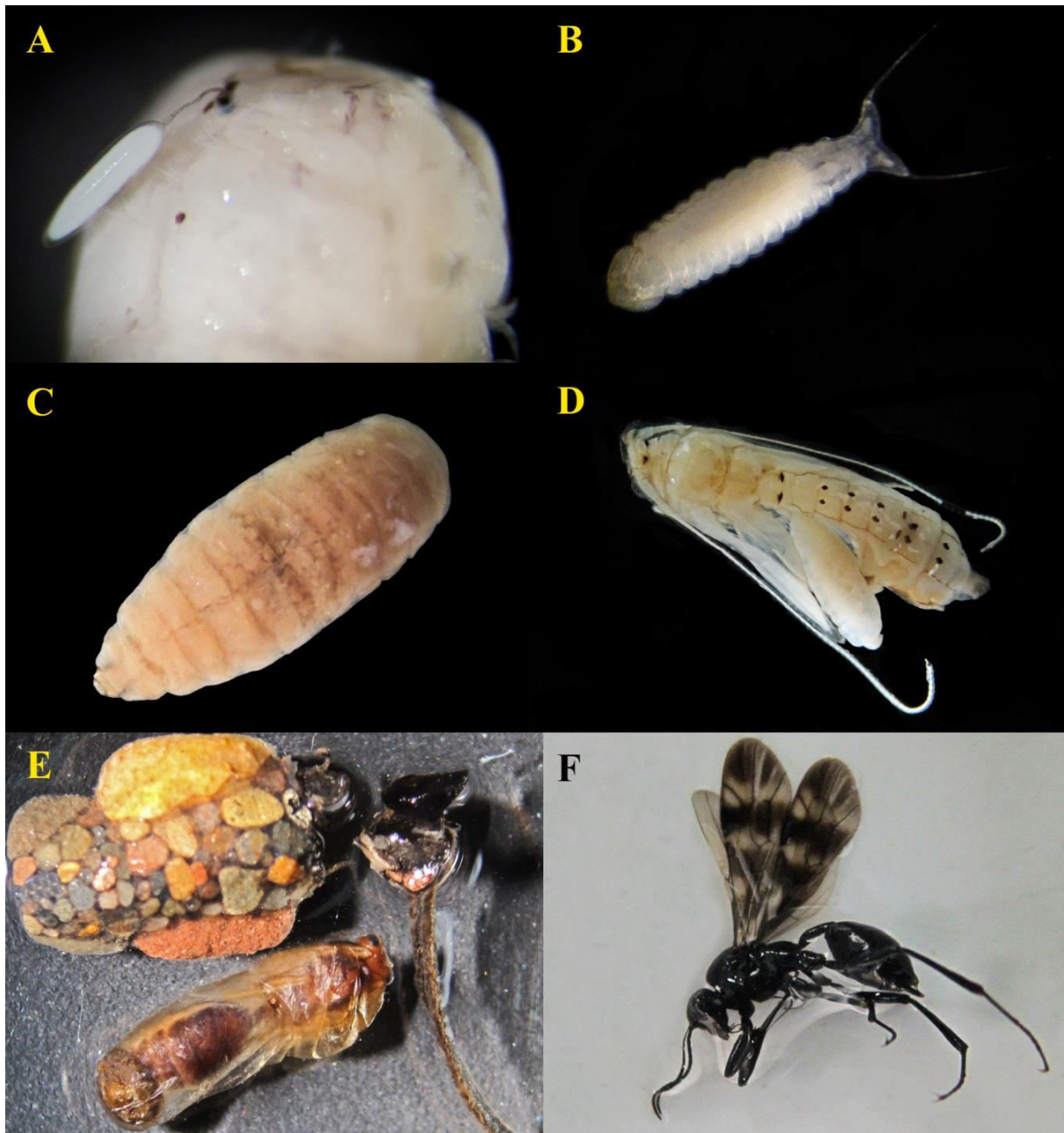
Slika 29. Broj uzorkovanih parazitoida na lokalitetima istraživanih tekućica.

Kroz istraživanje asocijacije ove dve vrste, sakupljeno je ukupno 206 jedinki parazitoidea u istraživanim tekućicama. Po stadijumima, njihova brojnost prikazana je na Slika 29. Najveća brojnost parazitoidea (99 jedinki) konstatovana je na reci Crnici, što je bilo u korespondenciji sa velikim brojem pronađenih domaćina (224 jedinke). Tokom perioda uzorkovanja makrozoobentosa (april 2011 – maj 2012), gotovo 50% (preciznije 48,06%) pronađenih parazitoidea sakupljeno je upravo iz Crnice. Nasuprot ovom podatku, u reci Rasini i Radovanskoj reci, usled malog broja prikupljenih domaćina (šest jedinki, odnosno 13 jedinki), pronađen je i mali broj parazitoidea (jedna jedinka – 0.48%; odnosno tri jedinke – 1.46%).

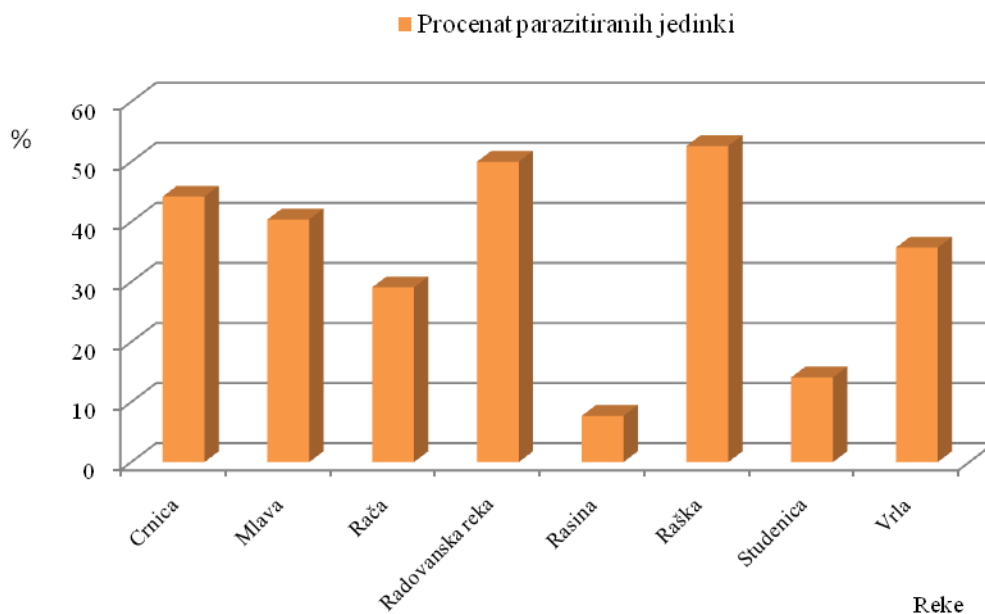
Svi stadijumi parazitoidea – od jaja do mirujućeg adulta prikazani su na Slici 30. Jedino je u reci Crnici i Raškoj zabeleženo prisustvo sva četiri životna stadijuma parazitoidea (Slika 29). Tokom prolećnog uzorkovanja u maju mesecu 2012. godine, na reci Mlavi, Crnici i Raškoj, na površini integumenta domaćina pronađena su jaja parazitoidea (Slika 30.A). Najveći broj jedinki vrste *A. armatus* pronađen je u larvalnom stadijumu (78 jedinki – 37,86%), pa zatim u stadijumu mirujućeg adulta (72 jedinki – 34,95% od ukupnog broja registrovanih parazitoidea). Zabeležen je i prvi larvalni stupanj kod nekih domaćina, prepoznatljiv po dugom kaudalnom nastavku (Slika 30.B), što ga morfološki razlikuje od kasnijih larvalnih stupnjeva (Slike 30.C i 30.D). Lutke parazitoidea (Slika 30.E) sakupljene su od avgusta do oktobra, dok su od oktobra do februara u kućicama trioptera pronađeni jedino parazitoidea na stadijumu mirujućeg adulta (Slika 30.F).

Takođe, praćeno je i procentualno učešće parazitiranih jedinki *S. pallipes* (Slika 31). Od ukupno 1187 pregledanih jedinki *S. pallipes*, zabeleženo je 650 praznih kućica (54,76%), 331 neparazitiranih (27,89%) i 206 parazitiranih (17,35%) jedinki. Za sve reke, procenat parazitiranih trioptera izračunat je na osnovu ukupnog broja parazitiranih jedinki u odnosu na ukupan broj neparazitiranih. Prazne kućice su isključene iz analize, jer nije postojala mogućnost utvrditi da li je došlo do emergencije parazitoidea ili domaćina, usled sinhronizovanog životnog ciklusa ove dve vrste. Najveći procenat parazitiranih jedinki zabeležen je u reci Raškoj (50 jedinki – 52,63%), a najniži u reci Rasini (jedna jedinka – 7,69%) (Slika 31). Iako je u reci Studenici sakupljen veći broj jedinki domaćina (145), samo je mali procenat bio parazitiran (11 jedinki – 14,1%) (Slika 31).

Prisustvo domaćina i parazitoida registrovano je u zoni epiritrala i metaritrala tekućica, na nadmorskim visinama od 296 m do 1056 m. Prosečne vredosti ekoloških parametara na lokalitetima na kojima su uzorkovane ove dve vrste, zajedno sa drugim organizmima makrozoobentosa, u istom istraživanom periodu, prikazane su u Tabeli 26.



Slika 30. Stadijumi u razviću parazitoida *Agriotypus armatus*. (A) Jaje na površini integumenta domaćina; (B) prvi larvalni stupanj parazitoida; (C) kasniji larvalni stupanj parazitoida; (D) larva parazitoida na lutki domaćina; (E) lutka parazitoida i kućica domaćina; (F) adult parazitoida.



Slika 31. Procenat parazitiranih jedinki *Silo pallipes* po istraživanim tekućicama.

Tabela 26. Prosečne vrednosti (\pm standardna devijacija) sredinskih parametara na lokalitetima istraživanih tekućica.

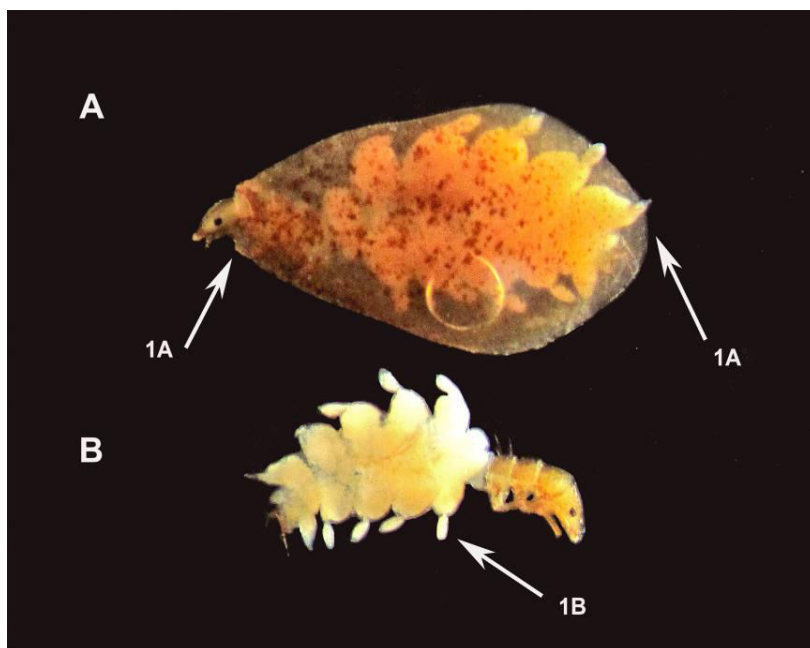
Parametri	T (°C)	O ₂ (mg/l)	pH	Konduktivitet (mS/cm)	Ukupni fosfor (mg/l)	Ortofosfati (mg/l)	Ukupni amonijak (mg/l)
Srednje vrednosti	12.24 \pm 0.42	10.06 \pm 0.16	7.86 \pm 0.06	0.38 \pm 0.01	0.04 \pm 0.005	0.02 \pm 0.002	0.17 \pm 0.01

Vrednosti hemijskih parametara tokom istraživanog perioda ukazuju da su njihove vrednosti bile uglavnom u optimalnim koncentracijama. Koncentracije rastvorenog kiseonika nisu bile ispod 7 mg/l. Parazitirane jedinke vrste *S. pallipes* bile su pronađene na lokalitetima sa temperaturom vode koja se uglavnom kretala u rasponu od 12 do 15 °C. Takođe, vrste su pronađene na lokalitetima gde su zabeležene niže temperaturne vrednosti (4,9 °C na RA4; 8,8 °C na RČ1; 8,7 °C na VR1; 9,2 °C na ML5; 9,4 °C na ML4; 9,7 °C na CR1), ali i nešto više temperature na reci Studenici, tokom letnjih meseci (18 °C na ST6; 18,8 °C na ST1; 18,6 °C na ST5; 19,8 °C na ST3). Srednje vrednosti ukupnog fosfora i ortofosfata su bile neznatno više u odnosu na vrednosti koje su propisane za salmonidne vode (TEPCD, 2006), a kretale su se u rasponu 0,005 – 0,02 mg/l. Srednja vrednost ukupnog amonijaka (Tabela 26) takođe ukazuje na nešto više vrednosti od propisanih za salmonidne vode. Vrednosti ova tri

parametara su bila viša na lokalitetima ispod pastrmskih ribnjaka (videti potpoglavlje 4.3), što objašnjava i njihove neznatno više srednje vrednosti.

4.1.10.2. *Ithytrichia* Eaton, 1873 (Hydroptilidae: Trichoptera): novi rod za entomofaunu Srbije

Akvatični insekti, tj. njihovi larvalni stadijumi, bili su dominantni organizmi makrozoobentosa istraživanih tekućica. Po broju determinisanih taksona, red Trichoptera je zauzeo drugo mesto (odmah nakon familije Chironomidae), sa 59 determinisanih taksona. U uzorcima na reci Mlavi, na petom istraživanom lokalitetu sakupljene su larve roda *Ithytrichia* vrste *I. lamellaris* Eaton, 1873. Ovaj nalaz, zajedno sa lokalitetima na rekama Crnom Timoku, Zapadnoj i Velikoj Moravi, predstavlja prvi nalaz ovog roda i vrste za teritoriju Srbije.



Slika 32. Vrsta *Ithytrichia lamellaris*. (A) kućica, lateralni izgled; (B) larva, lateralni izgled.

Larve roda *Ithytrichia* su dužine od 3 do 8 mm. Kućica je izgrađena od svile, spljoštena, ovalnog oblika i sa uskim konkavnim otvorom na prednjoj (anteriornjoj) strani (Slika 32.A, strelica) i zadnjim krajem koji je veliki i konveksan (Slika 32.A, strelica). Oblika je semena bundeve, što predstavlja markantno obeležje sa velikim informativnim značajem u identifikaciji vrste. Abdominalni segmenti su bez tergita, a

od 3. do 8. segmenata nalaze se, sa dorzalne i ventralne strane, ovalne izrasline (Slika 32.B, strelica).

Jedinke ove vrste sakupljene su na petom lokalitetu reke Mlave (ML 5) koji pripada zoni metaritrala. To je euritemna vrsta, sa temperaturnim oscilacijama tokom istraživanog perioda na ovom lokalitetu od 6.4 °C do 15 °C. Analizirani hemijski parametri ukazuju da *I. lamellaris* naseljava umereno alkalne vode, bogate kiseonikom. Toleriše umerene fluktuacije u koncentracijama ukupnog fosfora, amonijaka, hlorida i sulfata. Prosečne vrednosti fizičkih i hemijskih parametara prikazane su u Tabeli 27. U odnosu na interakcije sa biotičkom komponentom ekosistema, *I. lamellaris* je pokazala preferenciju ka prisustvu akvatične vegetacije. Takođe, dominantne grupe u zajednici makrozoobentosa sa ovom vrstom bile su Gammaridae i Coleoptera, a subdominantne Ephemeroptera (Heptagaenidae i Baetidae) i Trichoptera (Goeridae, Limnephilidae, Glossosomatidae i Rhyacophilidae).

Tabela 27. Prosečne vrednosti (\pm standardna devijacija) sredinskih parametara na petom lokalitetu (ML5) reke Mlave.

Parametri	T (°C)	O ₂ (mg/l)	pH	Konduktivitet (mS/cm)	Ukupni fosfor (mg/l)	Ukupni amonijak (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Srednje vrednosti	10.7 \pm 3.6	10.8 \pm 1.1	7.90 \pm 0.28	423 \pm 39	0.063 \pm 0.029	0.113 \pm 0.050	1.88 \pm 0.52	22.9 \pm 3.0

4.2. Analiza intenziteta uticaja pastrmskih ribnjaka na recipijent

Dva osnovna načina na koje pastrmski ribnjak utiče na recipijent jeste oslobađenje nepojedene riblje hrane i ribljih ekskremenata u njega. Intenzitet oba ova uticaja proporcionalan je količini ribe u ribnjaku odnosno njegovoj produkciji. Pored toga uticaj će biti obrnuto srazmeran protoku vode u tekućici, odnosno mogućnosti da se „razblaži“ uticaj ribnjaka. I ekskrementi i riblja hrana bogati su organskim materijama koje tokom raspadanja dovode do eutrofikacije vode u recipijentu, odnosno do smanjenja koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi, a njihove čvrste komponente, zavisno od svoje veličine, dovode do povećanja ukupnih suspendovanih čestica u vodi ukoliko su manje, ili udela mulja u podlozi ukoliko su veće. Pored toga, ekskrementi povećavaju sadržaj amonijaka u vodi i to i disosovanog i nedisosovanog oblika, a kako

je hrana posebno bogata jedinjenjima fosfora, to se njenom razgradnjom povećava sadržaj ovog elementa i u vodi i u sedimentu. Kako je produkcija pastrmskih ribnjaka prilično uravnotežena tokom godine, to je i ulaz polutanata takođe stalan i obično se kvantifikuje godišnjom produkcijom ribnjaka. S druge strane, protok vode u reci je vrlo varijabilan i može višestruko varirati između prolećnog maksimuma i letnjeg – jesenjeg minimuma. Naravno, efekat ribnjaka na recipijent će biti najizraženiji pri minimumu protoka, tim pre što se on u našoj klimatskoj zoni poklapa i sa maksimumom temperature vode, maksimumom količine ribe u ribnjaku i količinom ispuštenih zagađujućih materija. S toga je jedna od široko prihvaćenih mera uticaja ribnjaka na prijemni vodotok odnos produkcije ribnjaka u tonama prema protoku u sušnom delu godine, P_r/Q_{\min} .

U Tabeli 28. su za sve ispitivane ribnjake (označeni imenom reke na kojoj se nalaze) prikazane godišnje produkcije u tonama u godini u kojoj je vršeno istraživanje, srednja vrednost \pm standardna greška protoka u sušnom periodu, koji je u slučaju ovog istraživanja obuhvatio vrednosti protoka u julu, septembru i oktobru, i njihov odnos kao meru uticaja ribnjaka na prijemni vodotok.

Iz Tabele 28 jasno se vidi da je opseg uticaja istraživanih ribnjaka na recipijent izuzetno veliki, pošto produkcija ribnjaka po protoku u sušnom periodu, kao njegova mera, varira čak 17 puta između ribnjaka na Studenici, gde je najmanja ($1,199 \pm 0,278$), i onog na Radovanskoj reci, gde je najveća ($0,162 \pm 0,037$). Ovakva varijabilnost intenziteta uticaja ribnjaka jeste važan produslov za što potpunije sagledavanje svih elemenata njihovog uticaja kako na abiotičke faktore tako i na zajednice makrozoobentosa prijemnih tekućica koje su predmet istraživanja.

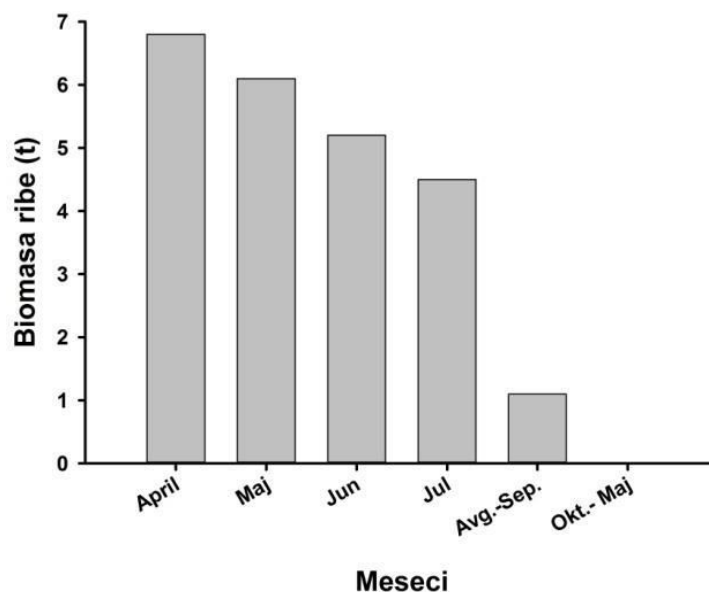
Da bi P_r/Q_{\min} bio adekvatna mera uticaja pastrmskog ribnjaka, količina ribe u njemu ne sme previše da varira u toku godine. Pastrmske ribnjake obično karakteriše stabilna proizvodnja u toku godine, pa je to bio slučaj i kod sedam od devet pastrmskih ribnjaka obuhvaćenim ovim istraživanjem. Međutim, kod pastrmskih ribnjaka na rekama Vrli i Rasini došlo je do značajnih promena u masi ribe tokom perioda istraživanja. Ove promene su posebno izražene u reci Vrli, gde je biomasa ribe u ribnjaku konstantno opadala od početka istraživanja (april 2011) pa do septembra meseca kada je ribnjak potpuno ispražnjen i nije ponovo poribljen sve do kraja istraživanja (maj 2012; Slika 32). Razlozi su bili ekonomske prirode i do konstantnog

smanjivanja je došlo usled prodaje ribe bez daljeg obnavljanja. Kao što se vidi, samo prva dva uzorkovanja (april i jun) obavljena su pri uobičajenoj količini ribe (Slika 32). Uzorkovanje u septembru obavljeno je pri značajno manjoj količini ribe, a prilikom poslednja četiri meseca (oktobar, decembar, februar i maj) uopšte nije bilo ribe u ribnjaku. Imajući ovo u vidu, prilikom tumačenja uticaja ribnjaka na recipijent mora se sa velikom rezervom uzeti izračunata vrednost P_r/Q_{min} za reku Vrlu.

Iz pastrmskog ribnjaka na reci Rasini je, posle drugog uzorkovanja, u julu 2011. godine usled poplave otišlo u reku oko 1.5 t ribe, čime je značajno smanjena njena količina u ribnjaku. Na žalost, nije bilo moguće dobiti tačne podatke o nivou štete niti o dinamici oporavka, te je vrednost P_r/Q_{min} u ovom ribnjaku procenjena na osnovu prethodnih godina i stoga predstavlja maksimalnu moguću vrednost. Stoga, prilikom analize uticaja ribnjaka na reci Rasini ne može se isključiti mogućnost da je stvarna vrednost P_r/Q_{min} manja od procenjene.

Tabela 28. Produkcija ribnjaka u tonama u odnosu na protok u sušnom periodu u ms^{-1} za sve istraživane ribnjake.

Reke	Godišnja produkcija ribnjaka (t)	Prosečan protok recipijenta u sušnom periodu (ms^{-1})	Produkcija ribnjaka u t po protoku u sušnom periodu u ms^{-1} (P_r/Q_{min})
Crnica	70,0	0,299±0,070	234
Mlava	110,0	0,301±0,026	366
Rača	5,5	0,092±0,009	60
Radovanska reka	68,5	0,162±0,037	422
Rasina	8,0	0,097±0,027	83
Raška	28,0	0,230±0,009	122
Studenica	30,0	1,199±0,278	25
Trešnjica	213,0	2,150±0,229	99
Vrla	3,6	0,067±0,006	54



Slika 32. Kretanje biomase pastrmke u ribnjaku na reci Vrli po mesecima u toku perioda istraživanja (april 2011 – maj 2012).

4.3. Rezultati fizičkih i hemijskih analiza

4.3.1. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Crnice

Analizom abiotičkih faktora praćenih na reci Crnici (Tabela 29), može se uočiti nekoliko zajedničkih osobina za sve ispitane lokalitete. Voda je hladna ($t_{vmax} < 17\text{ °C}$) sa relativno malim godišnjim varijacijama temperature ($< 8\text{ °C}$). Tvrdoća vode, baš kao i njena elektroprovodljivost gotovo se ne menjaju duž lokaliteta. U odnosu na tvrdoću, u pitanju su izuzetno meke vode, a u odnosu na provodljivost, vode sa umerenom koncentracijom soli za slatkovodne tekućice. Izrazitu konstantnost elektroprovodljivosti prati konstantna koncentracija osnovnih anjona (SO_4^{2-} , Cl^- i NO_3^-) duž ispitivanih lokaliteta (Tabela 29). Od hidroloških parametara, sve lokalitete karakteriše mala i prilično konstantna dubina. Što se podloge tiče, njen sastav je, sa izuzetkom zastupljenosti mulja, prilično ujednačen na ispitivanim lokalitetima, sa kamenom kao izrazito dominantnim tipom supstrata. Ostale parametre karakteriše veća varijabilnost koja ne dozvoljava generalizaciju. Ovi parametri se mogu podeliti u dve grupe.

Prvu čine parametri koje karakteriše značajna ali prolazna promena na mestu uliva otpadnih vode iz ribnjaka, a drugu parametri koji se takođe izrazito menjaju po ulivu vode iz ribnjaka, ali je ta promena trajna, odnosno ne dolazi do oporavka nizvodno. Izraziti predstavnici prve grupe su O_2 (koncentracija rastvorenog kiseonika), NH_4^+ i mulj, a u nešto manjoj meri i temperatura vode. Najizrazitija je promena koncentracije amonijum jona koja u odnosu na CR2 (lokalitet iznad ribnjaka) u vodi ispusta raste za preko 10 puta, a na CR3 oko 7.5 puta. Oba porasta su visoko statistički značajna ($P < 0,001$). Nizvodno, koncentracija NH_4^+ postepeno opada, da bi na CR6 pala na polovinu vrednosti u odnosu na CR3, mada i dalje ostaje statistički značajno veća nego na kontrolnim lokalitetima ($P_{CR1}=0,010$, $P_{CR2}=0,014$). Promena rastvorenog kiseonika je nešto manje izražena ali i dalje dolazi do statistički značajnog pada i u vodi ispusta i na CR3 u odnosu na CR2 ($P_1 < 0,001$, $P_{CR3}=0,022$). Međutim, oporavak je značajno brži, tako da se već na CR4 gubi statistički značajna razlika u odnosu na CR2, dok na CR5 i CR6 vrednosti O_2 dostižu one na CR2, pa su i statistički značajno veće u odnosu na CR3 ($P_{CR5}=0,034$, $P_{CR6}=0,016$), odnosno oporavak je potpun.

Najizraženija promena jeste porast zastupljenosti mulja u podlozi koji je ograničen samo na CR3. Naime, vrednosti na lokalitetu uzvodno od ribnjaka, CR2, kao i na svim lokalitetima nizvodno od CR3, veoma su ujednačene, oko 3 puta manje nego na CR3, pri čemu je ta razlika statistički značajna.

Drugu grupu parametara čine pH, P_u , PO_4^{3-} , NH_3 , brzina vode i protok. Najznačajnija promena jeste promena koncentracije nedisosovanog amonijaka koja raste čak 15 puta posle ribnjaka i sa visokom statističkom značajnošću ($P < 0,001$). Ovaj porast je proporcionalno veći nego porast NH_4^+ po ulivu vode iz ribnjaka, jer ga prati istovremeni statistički značajan porast pH ($P < 0,013$) koji smanjuje stepen disocijacije amonijaka. Vrednost pH nastavlja da raste i nizvodno od lokaliteta CR3, tako da voda neutralne reakcije na CR1 i CR2 postaje bazna na lokalitetima CR5 i CR6. Ovo je razlog što pad koncentracije NH_4^+ nizvodno od CR3 nije praćen padom već blagim porastom NH_3 .

Što se tiče ukupnog fosfora i ortofosfata, njihova koncentracija gotovo dvostruko raste posle ribnjaka (Tabela 29), ali ta promena nije statistički značajna zbog velikih sezonskih varijacija koje su uslovljene velikim povećanjem protoka u prolećnim mesecima. Kao i NH_3 i ova dva parametra se ne smanjuju na lokalitetima nizvodno od

CR3, što ukazuje na dodatne izvore fosfornih jedinjenja posle ribnjaka. Koji bi to izvori bili nije jasno, pošto reka protiče kroz potpuno nenaseljeno područje, te se može pretpostaviti da nisu antropogenog porekla.

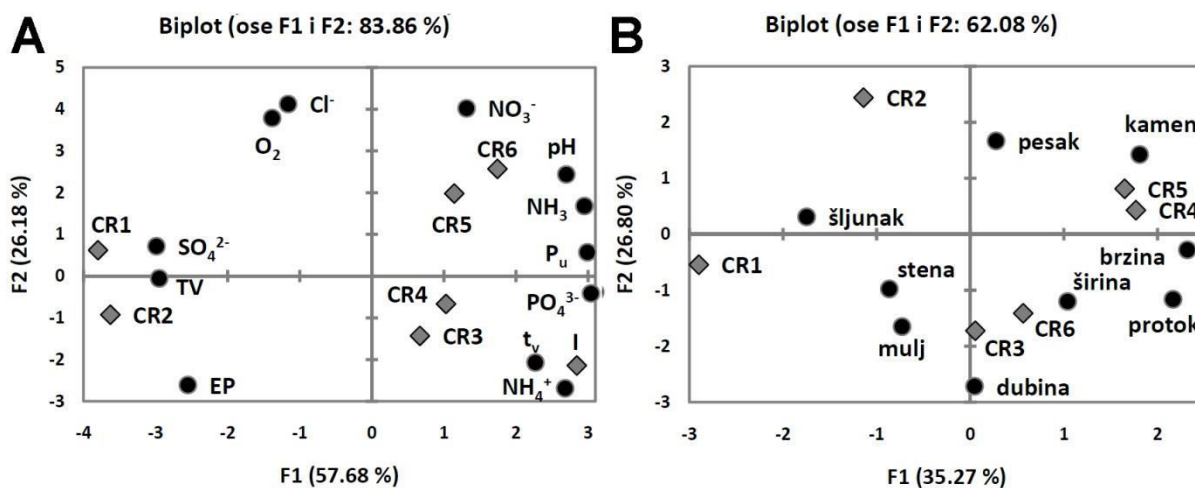
Slična dinamika longitudinalnih promena karakteriše i brzinu vode i protok (Tabela 29). Tako na prvom lokalitetu voda pripada klasi veoma sporih ($0,12 \pm 0,05$ m/s), na CR2 sporih, a na ostalim lokalitetima klasi umereno brzih voda, pri tome su sve pomenute promene statistički značajne (Tabela 29). Na isti način menja se i protok. Njegov trostruki porast posle ribnjaka ($0,42 \pm 0,07$ m³/s) uslovljen je činjenicom da ribnjak za napajanje koristi alternativne izvore vode koje na žalost nije bilo moguće uzorkovati.

Iz analiziranih fizičkih i hemijskih parametara može se naslutiti da uliv vode iz ribnjaka ima značajan efekat na promene vrednosti niza abiotičkih faktora. Da bi se uticaj ribnjaka jasnije sagledao nezavisno je izvršena analiza glavnih komponenti (PCA) na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v, Slika 33.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 33.B). U PCA analizi hemijskih parametara zadržane su dve ose koje objašnjavaju najveći deo varijabilnosti (83,86%), pri čemu F1 osa objašnjava približno dva puta više varijabilnosti podataka u odnosu na F2 osu, te su i promene duž ove ose od većeg značaja. Jasno je uočljivo da se ispust i kontrolni lokaliteti nalaze na različitim krajevima F1 ose, što znači da su razlike u izmerenim hemijskim parametrima između njih najveće. Od parametara za koje je pokazano da ih karakterišu velike promene duž ispitivanih lokaliteta, pH, NH₃, NH₄⁺, P_u i PO₄³⁻ najznačajnije doprinose ovim razlikama, pošto su grupisani na jednom od krajeva F1 ose (pozitivnom), a kako im se položaj poklapa sa položajem ispusta to znači da rastu u vodi ispusta u odnosu na vodu kontrolnih lokaliteta. Položaj lokaliteta nizvodno od ispusta u odnosu na F1 osu praktično je identičan, ukazujući da su razlike između njih u odnosu na pomenute parametre manje u odnosu na razlike između ispusta i kontrolnih lokaliteta. Ovo ukazuje da je voda ispusta glavni uzrok promene parametara, a da do smanjenja razlika nizvodno od ispusta dolazi usled razblaženja rečnom vodom koja nije bila iskorišćena za vodosnabdevanje ribnjaka. Imajući ovo u vidu, F1 osu bismo mogli nazvati osa efekata ribnjaka na vodotok.

Oporavak vodotoka od uticaja ribnjaka jasno se uočava duž F2 ose, pa bismo nju mogli nazvati osom oporavka od efekata ribnjaka (Slika 33. A). F2 osa objašnjava manji ali i dalje značajan deo varijabilnosti podataka (26,18%) i duž nje su lokaliteti pod uticajem ribnjaka raspoređeni u skladu sa svojim rasporedom duž vodotoka, počevši od najuzvodnijeg, ispusta, na negativnom kraju ose, a završivši sa lokalitetom koji je najnižvodnije lociran (CR6) na njenom pozitivnom kraju. Od parametara za koje je pokazano da ih karakterišu najznačajnije promene duž vodotoka, F2 osa je određena sa O_2 na pozitivnom i NH_4^+ na svom negativnom kraju, jer upravo ovi parametri svojim statistički značajnim promenama definišu oporavak vodotoka od delovanja ribnjaka (Slika 33.A). Veća povezanost vrednosti rastvorenog kiseonika sa F2 nego F1 osom ne znači da on ne odslikava efekat ribnjaka, pošto je statistički značajno manji u vodi ispusta i CR3 u odnosu na kontrolne lokalitete, već samo da bolje oslikava oporavak, pošto mu vrednosti na CR6 premašuju one na kontrolnim lokalitetima, pa su i veće razlike u koncentraciji rastvorenog kiseonika između CR6 i ispusta, nego između ispusta i kontrolnih lokaliteta. PCA takođe pokazuje i da pH, pa time i NH_3 , smešteni bliže pozitivnom kraju F2 ose, rastu nizvodno od ispusta, i to je razlog što je duž F2 ose položaj kontrolnih lokaliteta, na kojima su vrednosti ovih parametara male, blizak koordinatnom početku, odnosno na podjednakom rastojanju od I i CR6, a ne kako bi bilo očekivano na osnovu vrednosti NH_4^+ i O_2 mnogo bliža pozitivnom kraju i lokalitetu CR6.

U analizi glavnih komponenti hidroloških faktora i sastava podloge duž ispitivanih lokaliteta na reci Crnici takođe su zadržane dve ose koje objašnjavaju najveći deo (62,08%) varijabilnosti ispitivanih podataka (Slika 33.B). Pojedinačne ose za razliku od PCA hemijskih parametara objašnjavaju podjednak deo varijabilnosti (F1, 35,24%; F2, 26,8%). Duž F1 ose lokaliteti uzvodno od ribnjaka odvojeni su od onih nizvodno, ali je ta razlika značajno manja nego u slučaju hemijskih parametara, a CR3 je bliži CR2 nego CR5, dok je CR6 bliži CR3 nego CR5, što sve ukazuje da raspored lokaliteta duž ove ose nije primarno uslovljen uticajem ribnjaka. Ovakav zaključak dodatno potvrđuje analiza parametara koji uslovljavaju ovakav raspored lokaliteta, pošto najveći uticaj imaju brzina vode i protok koji su najudaljeniji od koordinativnog početka duž F1 ose i asocirani sa njenim pozitivnim krajem, a čije povećanje od lokaliteta CR3 nije posledica delovanja ribnjaka već uliva dodatne količine vode između

lokaliteta CR2 i CR3. Mnogo više informacija daje F2 osa na čijim suprotnim krajevima su smešteni lokaliteti CR2 i CR3, dok se ostali lokaliteti nalaze između njih. F2 osa je, od parametara koje karakterišu značajne longitudinalne promene, u najvećoj meri određena dubinom vode i zastupljenošću mulja i kamena u podlozi. Zbog toga, povećanje količine mulja na CR3 na "uštrb" pre svega smanjenja zastupljenosti kamena, predstavlja osnovni uticaj ribnjaka. Povećanje dubine na CR3 u odnosu na CR2 bi mogao da bude jedan od uzroka uočenog smanjenja koncentracije rastvorenog kiseonika u odnosu na CR2, ali imajući u vidu da je istovremeno praćeno povećanjem brzine vode to najverovatnije nije slučaj.



Slika 33. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Crnici. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Crnici uzvodno (CR1 i CR2) i nizvodno (CR3-CR6) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Crnici.

Tabela 29. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Crnici (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	CR1	CR2	Ispust	CR3	CR4	CR5	CR6
t_v (°C)	10,76±0,30 ^a	12,44±0,57 ^a	13,03±0,83 ^a	12,77±0,92 ^a	12,46±0,83 ^a	12,50±0,90	12,2±0,82
O ₂ (mg/l)	9,91±0,49 ^a	10,7±0,40 ^b	8,10±0,37 ^{a,b,c}	9,15±0,43 ^{b,d}	9,55±0,40 ^{c,e}	10,44±0,33 ^{c,d}	10,89±0,45 ^{c,d,e}
pH	7,22±0,11 ^a	7,39±0,98 ^b	7,71±0,06 ^{a,b,c}	7,65±0,07 ^{a,b,d}	7,69±0,06 ^{a,b,e}	8,01±0,12 ^{a,b,c,d,e}	8,07±0,15 ^{a,b,d,e}
EP (μS/cm)	468,9±11,6	477,4±15,1	465,0±15,8	464,4±13,5	465,0±13,6	461,7±14,7	456,6±13,1
P _u (μg P/l)	25,7±6,9 ^a	28,0±8,8 ^b	66,1±14,2 ^{a,b}	48,9±11,7	76,6±27,5	68,3±26,8	63,3±23,2
PO ₄ ³⁻ (μg P/l)	14,2±4,6 ^a	13,6±4,7 ^b	31,2±5,2 ^{a,b}	21,7±4,0	31,4±8,0	26,2±3,9	25,1±5,1
NH ₄ ⁺ (μg NH ₄ ⁺ /l)	42,3±16,6 ^a	46,9±19,4 ^b	494,8±73,4 ^{a,b,c}	354,5±53,6 ^{a,b}	264,6±32,9 ^{a,b,c}	193,0±22,8 ^{a,b,c}	166,1±36,6 ^{a,b,c}
NH ₃ (μg NH ₃ /l)	0,13±0,06 ^a	0,27±0,14 ^b	6,32±1,37 ^{a,b}	4,07±1,05 ^{a,b}	3,14±0,60 ^{a,b}	5,65±1,62 ^{a,b}	8,46±4,90 ^{a,b}
TV (dH)	1,31±0,09	1,31±0,11	1,28±0,11	1,27±0,11	1,28±0,11	1,29±0,10	1,27±0,1
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,92±0,39	4,58±0,42	4,85±0,32	4,71±0,41	4,74±0,35	5,05±0,31	5,18±0,28
Cl ⁻ (mg/l)	1,09±0,11	1,02±0,12	0,88±0,09	0,93±0,10	0,99±0,14	1,17±0,18	1,05±0,11
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	11,53±0,64	11,50±0,57	11,24±0,66	11,43±0,81	11,38±0,66	11,33±0,65	11,40±0,63
dubina (m)	0,18±0,01	0,14±0,03 ^b	—	0,20±0,03	0,16±0,02	0,17±0,02	0,21±0,02 ^b
širina (m)	6,08±0,71 ^a	2,39±0,44 ^{a,b}	—	6,12±0,14 ^{b,c}	7,47±0,75 ^{b,d}	6,68±0,67 ^{b,e}	4,69±0,38 ^{b,c,d,e}
brzina (m/s)	0,12±0,05 ^a	0,24±0,05 ^{a,b}	—	0,37±0,02 ^{a,b}	0,37±0,03 ^{a,b}	0,43±0,06 ^{a,b}	0,33±0,04 ^a
protok (m ³ /s)	0,16±0,07 ^a	0,15±0,08 ^b	—	0,42±0,07 ^{a,b}	0,43±0,10 ^{a,b}	0,49±0,11 ^{a,b}	0,44±0,09 ^{a,b}
mulj (%)	9,17±3,27	5±2,24 ^b	—	16,67±3,07 ^{b,c}	3,33±1,67 ^c	5,83±2,39 ^c	5,00±2,24 ^c
šljunak (%)	16,67±3,33	12,50±1,71	—	12,50±2,50	11,67±1,67	12,5±2,14	9,17±1,54
pesak (%)	3,33±2,11	5,00±2,24	—	3,33±2,11	2,50±1,71	6,67±4,01	2,50±1,71
kamenje (%)	58,33±4,01 ^a	68,33±2,79	—	60,83±5,07 ^c	75,00±3,16 ^{a,c}	68,33±4,59	66,67±3,57
stene (%)	12,50±2,50	9,17±2,39	—	6,68±1,05 ^c	7,50±1,12 ^d	6,67±1,05 ^e	16,67±3,33 ^{c,d,e}

^{a, b, c, d, e} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (tv) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

4.3.2. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Mlave

Analiza abiotičkih faktora na reci Mlavi (Tabela 30), kao i u slučaju Crnice, pokazala je da je jedan od uniformnih abiotičkih faktora na svim lokalitetima relativno hladna voda ($t_{vmax} < 17$ °C) sa relativno malim godišnjim varijacijama temperature (< 9 °C), što se može i očekivati, jer su oba ribnjaka smeštena nizvodno od snažnih izvora. Pri tome je temperatura vode u Mlavi za oko 1-2 °C niža nego u Crnici. Vrednosti EP, TV, i NO_3^- veoma su bliske onim u Crnici, i karakterišu ih gotovo konstantne vrednosti na svim lokalitetima baš kao i u Crnici. Ovakva uniformnost karakteriše i SO_4^{2-} , ali je njegova koncentracija dva puta veća nego u Crnici (Tabela 30). Za razliku od Crnice, koncentracija hlorida je značajno promenljivija, ali njen porast na ML2 koji se održava i nizvodno nije posledica aktivnosti ribnjaka, jer su koncentracije Cl^- na kontrolnom lokalitetu i u vodi ispusta veoma slične i statistički značajno manje od koncentracije na lokalitetima nizvodno (Tabela 30).

Preostali parametri se, baš kao i u Crnici, mogu podeliti na one koje karakteriše prolazna promena pod uticajem uliva vode iz ribnjaka (O_2 , NH_4^+ , NH_3 i mulj) i one kod kojih je ta promena trajna i ne dolazi do oporavka nizvodno (P_u , PO_4^{3-} , brzina vode, protok, šljunak, pesak, kamen i stena). Promene rastvorenog kiseonika (O_2) su i po pitanju dinamike i po pitanju intenziteta gotovo identične onima u Crnici. Tako, smanjenje O_2 u odnosu na ML1 koje je u vodi ispusta i ML2 statistički značajno, već na ML3 prestaje da bude statistički značajno (Tabela 30). Koncentracija rastvorenog kiseonika na ML4 i ML5 se u potpunosti vratila na kontrolne vrednosti, postavši statistički značajno veća od vrednosti na ispustu i ML2, a na ML4 i u odnosu na ML3 (Tabela 30).

Koncentraciju NH_4^+ jona baš kao i u Crnici karakteriše prolazni porast pod uticajem ribnjaka. Vrednosti na ML2 (436 ± 41 µg/l) za četvrtinu su veće nego na CR3 ($354,5 \pm 53,6$ µg/l), iako su vrednosti na kontrolnim lokalitetima praktično identične u obe reke, što ukazuje, za razliku od koncentracija rastvorenog kiseonika, na veći efekat ribnjaka na reci Mlavi. Posle ribnjaka, NH_4^+ postepeno i statistički značajno opada od lokaliteta do lokaliteta. Rezultat toga je četvorostruko smanjenje na ML4 u odnosu na ML2 (Tabela 30) i potpuni oporavak na poslednjem ML5 lokalitetu, pošto vrednosti NH_4^+ na lokalitetu ML5 nisu više statistički značajno veće u odnosu na kontrolni lokalitet. Na Crnici ne dolazi do potpunog oporavka vrednosti koncentracije NH_4^+ , ali se

razlika lako može objasniti mnogo većom udaljenošću od ispusta lokaliteta ML5 (6,4km) u odnosu na lokalitet CR6 (1,7km), tim pre što je na ML4 koji je 2,6 km udaljen od ispusta, vrednost NH_4^+ i dalje statistički značajno veća nego na kontrolnom lokalitetu ($P=0,001$). Zbog viših t_v u Crnici u odnosu na Mlavu, uprkos većim vrednostima NH_4^+ na ML2 u odnosu na CR3, vrednosti NH_3 su veoma slične. Baš kao i u reci Crnici, do nekih 2 km nizvodno od ribnjaka, vrednosti NH_3 se održavaju zahvaljujući blažem (nego u Crnici), ali i dalje statistički značajnom porastu pH između lokaliteta ML2 i ML4 ($P=0,009$; Tabela 30). Na lokalitetu ML5, koncentracija NH_3 statistički značajno opada u odnosu na lokalitete ML2 ($P=0,023$) i ML4 ($P=0,042$) usled velikog pada NH_4^+ na tom lokalitetu kojeg nije pratilo dalji porast pH. Iako je koncentracijaj NH_3 na ML5 niža ona je i dalje statistički značajno veći u odnosu na ML1 ($P=0,026$).

Tabela 30. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Mlavi (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

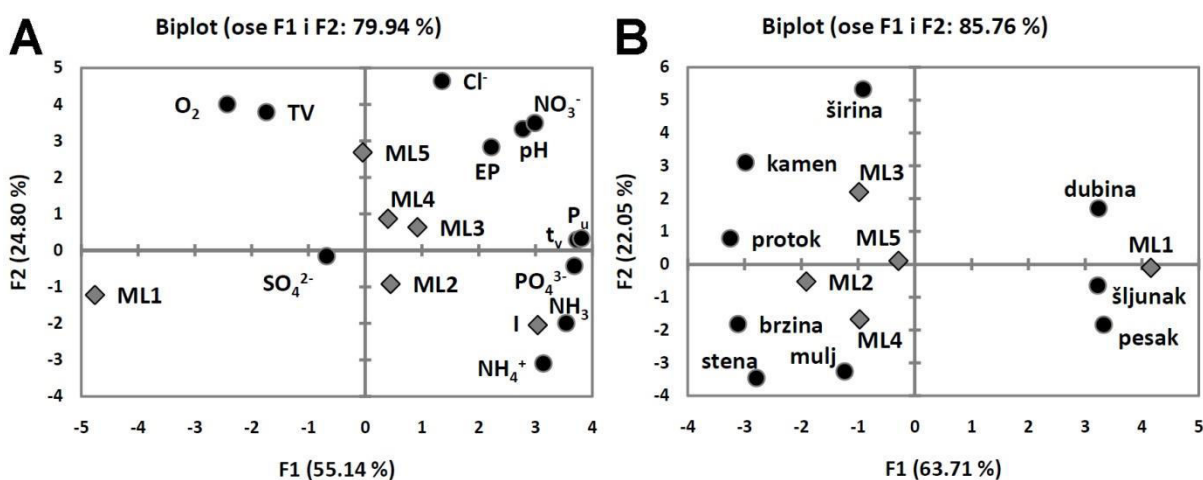
Lokalitet / Parametar	ML1	Ispust	ML2	ML3	ML4	ML5
t_v (°C)	10,1±0,3	11,2±1,0 ^b	10,7±0,9 ^b	11,0±1,2	10,9±1,0	10,7±1,4
O_2 (mg/l)	10,8±0,4 ^a	8,0±0,4 ^{a,b}	9,2±0,4 ^{a,b,c}	10,1±0,3 ^{b,d}	11,0±0,2 ^{b,c,d}	10,9±0,4 ^{b,c}
pH	7,41±0,12 ^a	7,79±0,05 ^a	7,69±0,06 ^c	7,74±0,08 ^a	7,95±0,05 ^{a,c}	7,90±0,11 ^a
EP (µS/cm)	416±13	421±14	419±15	425±18	418±18	423±15
P_u (µg P/l)	24,0±5,8 ^a	81,5±10,5 ^a	61,8±6,3 ^a	63,7±7,3 ^a	61,0±10,2 ^a	62,9±11,1 ^a
PO_4^{3-} (µg P/l)	15,5±3,9 ^a	43,0±10,0 ^a	30,9±5,8 ^a	29,4±4,5 ^a	29,9±5,1 ^a	31,7±4,3 ^a
NH_4^+ (µg NH_4^+ /l)	54±25 ^a	573±52 ^{a,b}	436±41 ^{a,c}	337±20 ^{a,b,c,d}	230±22 ^{a,b,c,d,e}	114±19 ^{b,c,d,e}
NH_3 (µg NH_3 /l)	0,49±0,27 ^a	7,24±0,71 ^{a,b}	4,21±0,52 ^{a,b,c}	4,13±0,73 ^{a,b}	4,36±0,76 ^{a,b,e}	2,25±0,54 ^{a,b,c,e}
TV (°dH)	1,44±0,18	1,43±0,19	1,43±0,20	1,43±0,20	1,43±0,20	1,46±0,20
NO_3^- (mg/l)	4,89±0,66	5,45±0,32	5,36±0,44	5,55±0,38	5,44±0,29	5,67±0,50
Cl^- (mg/l)	1,29±0,12 ^a	1,38±0,11 ^b	1,75±0,18	1,82±0,13 ^{a,b}	1,86±0,13 ^{a,b}	1,89±0,16 ^{a,b}
SO_4^{2-} (mg/l)	23,03±0,72	22,74±0,88	22,66±0,79	23,51±0,73	23,37±1,44	22,75±0,85
dubina (m)	0,29±0,02 ^a	—	0,17±0,01 ^{a,b}	0,21±0,02 ^a	0,16±0,02 ^{a,d}	0,23±0,02 ^{b,d}
širina (m)	7,41±0,25 ^a	—	7,84±0,87	8,87±0,47 ^{a,c}	7,00±0,46 ^c	7,29±0,60
brzina (m/s)	0,067±0,004 ^a	—	0,395±0,037 ^a	0,358±0,049 ^a	0,538±0,069 ^{a,d}	0,334±0,036 ^{a,d}
protok (m ³ /s)	0,162±0,032 ^a	—	0,459±0,069 ^a	0,471±0,076 ^a	0,435±0,082 ^a	0,511±0,076 ^a
mulj (%)	6±2 ^a	—	16±2 ^{a,b}	4±1 ^b	9±2 ^b	4±2 ^b
šljunak (%)	36±3 ^a	—	11±3 ^a	19±3 ^a	24±7	19±4 ^a
pesak (%)	26±2 ^a	—	7±1 ^a	5±2 ^a	12±5 ^a	14±3 ^a
kamenje (%)	31±3 ^a	—	61±4 ^a	70±4 ^a	49±9	59±6 ^a
stene (%)	0±0 ^a	—	5±0 ^a	2±1	6±2 ^a	4±1 ^a

^{a, b, c, d, e} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (t_v) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

Promene u udelu mulja u podlozi su takođe veoma slične onima u Crnici, sa statistički značajnim povećanjem gotovo identične amplitude na lokalitetu neosredno ispod uliva ispusne vode iz ribnjaka (lokalitet ML2), dok se na ostalim lokalitetima karakteriše približno istim vrednostima kao i na kontrolnom. Za razliku od Crnice, gde su promene u zastupljenosti mulja praktično jedine promene u sastavu podloge, u Mlavi je situacija sasvim drugačija. Naime, nizvodno od ribnjaka statistički značajno opada zastupljenost peska i šljunka, a raste zastupljenost kamena i stena (Tabela 30). Sastav podloge na ostalim lokalitetima nizvodno od ispusta, sa izuzetkom pada u zastupljenosti mulja nizvodno od ML2, veoma je sličan.

Od ostalih parametara iz druge grupe (pored pH vrednosti čije, čije su promene opisane), koncentracije P_u i PO_4^{3-} karakterišu gotovo iste srednje vrednosti kao na odgovarajućim lokalitetima u Crnici. Međutim, zahvaljujući manjoj sezonskoj varijabilnosti oba parametra, statistički značajno rastu posle ribnjaka u Mlavi za razliku od Crnice.

Kako je lokalitet ML1 veliki kraški izvor, sasvim razumljivo, brzina vode nizvodno statistički značajno raste, a dubina opada (Tabela 30). Ove promene su praćene i značajnim porastom protoka nizvodno od ribnjaka pošto, baš kao i u slučaju Crnice, ribnjak koristi alternativne izvore vode u odnosu na onaj koji je praćen u ovim istraživanjima.



Slika 34. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Mlavi. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Mlavi uzvodno (ML1) i nizvodno (ML2-ML5) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Mlavi.

Analiza fizičkih i hemijskih parametara, baš kao i u Crnici ukazuje na to da uliv otpadnih vode iz ribnjaka ima značajan efekat na promene vrednosti niza abiotičkih faktora. Da bi se uticaj ribnjaka jasnije sagledao, nezavisno je izvršena PCA na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v , Slika 34.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 34.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 34.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju najveći deo varijabilnosti (79,94%), pri čemu F1 osa objašnjava približno dva puta više varijabilnosti podataka u odnosu na F2 osu, te su i promene duž ove ose od većeg značaja. Ako uporedimo analize glavnih komponenti hemijskih parametara vode između Crnice i Mlave očigledno je da su one veoma slične. Opet su kontrolni lokalitet i ispust smešteni na različitim krajevima F1 ose, dok su ostali lokaliteti praktično identično pozicionirani na njoj, nešto bliže ispustu. Isti parametri određuju F1 osu (pH , NH_3 , NH_4^+ , P_u i PO_4^{3-}) i opet su grupisani na pozitivnom kraju F1 ose kao i ispust. Stoga i u Mlavi F1 osu možemo nazvati osom uticaja ribnjaka. Baš kao i u Crnici, F2 osa je osa oporavka od uticaja ribnjaka, jer su duž nje u pravilnom longitudinalnom nizu poređani lokaliteti od ispusta na negativnom kraju do lokaliteta ML5 na pozitivnom. Opet je definisana sa O_2 na pozitivnom kraju i NH_4^+ na negativnom, mada je u Mlavi zbog značajnog pada na ML5 i NH_3 vezan za negativan kraj F2 ose, ukazujući na njegov oporavak nizvodno od ispusta. Sumarno, kao i u Crnici, efekat ribnjaka na hemijske parametre i temperaturu vode u recipijentu veoma je jasno izražen, baš kao i oporavak izmenjenih parametara duž lokaliteta nizvodno od ribnjaka, te se može očekivati sličan obrazac promena i u naselju makroinvertebrata u ove dve reke.

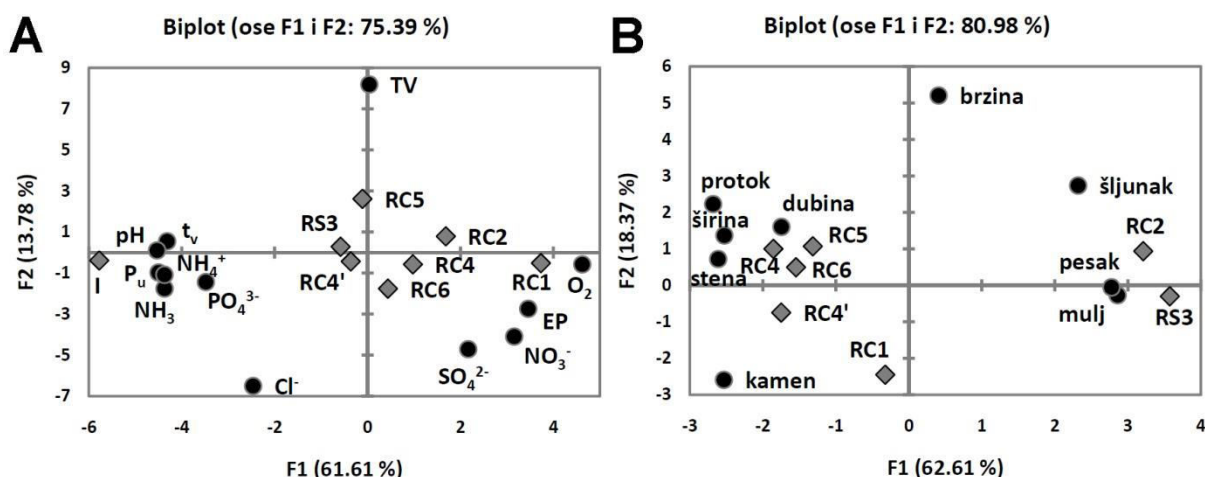
PCA hidroloških faktora i sastava podloge duž ispitivanih lokaliteta na reci Mlavi daje značajno drugačiju sliku u odnosu na onu na Crnici (Slika 34.B). U PCA su zadržane dve ose koje objašnjavaju mnogo veći deo (85,76%) varijabilnosti nego u Crnici, pri čemu je F1 izrazito dominantna i objašnjava 63,71% varijabilnosti, dok F2 osa objašnjava gotovo tri puta manje, 22,05%, što čini promene duž F1 ose mnogo značajnijim za razumevanje međuodnosa između istraživanih lokaliteta. Pri tome je ML1 na pozitivnom kraju F1 ose jasno izdvojen od ostalih lokaliteta koji su gotovo istoventno pozicionirani na negativnom delu F1. Razlog ovakvog izdvajanja ML1 je to što je u pitanju izvor sa manjom brzinom vode, veća dubina i veći udeo sitnijih vrsta

supstrata (peska i šljunka), a mani krupnijih (kamen i stena) u odnosu na nizvodne lokalitete koji su smešteni u rečnom toku. Izuzev povećanja sadržaja mulja na ML2, nijedna od navedenih promena nije posledica delovanja ribnjaka, pa se zbog njihovog velikog intenziteta može očekivati da će interferirati sa uticajem ribnjaka koji se jasno ogleda u promeni vrednosti hemijskih parametara. Na sreću, efekti povećanja brzine vode i smanjenja njene dubine na ML2, kao i povećanje učešća krupnijih vrsta supstrata trebalo bi da imaju suprotan uticaj na sastav zajednice makrozoobentosa u odnosu na promene hemijskih parametara. Stoga, eventualno uočena potamonizacija zajednice makrozoobentosa u ML2 u odnosu na ML1 ne može biti posledica promena hidroloških parametara i sastava podloge između ova dva lokaliteta, već samo promenama hemijskih parametara (smanjenje O_2 i povećanje NH_4^+ , NH_3 , P_u , PO_4^{3-} i t_v) izazvanih ulivom ispusnih voda iz ribnjaka.

4.3.3. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka Rače

Analiza srednje vrednosti abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Rači (Tabela 31) pokazuje da su hemijski parametri mnogo uniformniji nego u prethodne dve reke. Ne uzimajući u obzir ispus, statistički značajne razlike postoje samo u pogledu pH i to porast na lokalitetima RČ3, RČ4 i RČ6 u odnosu na RČ1 i kao porast na RČ3 u odnosu na RČ2. Takođe, konstatovan je porast koncentracije NH_3 na RČ3 u odnosu na RČ2, Cl^- jona na RČ4 u odnosu na RČ2 i smanjenje SO_4^{2-} jona na lokalitetima RČ2, RČ3 i RČ4 u odnosu na RČ1. Inače, u vodi ispusta dolazi do statistički značajne promene svih očekivanih parametara (O_2 , pH, P_u , PO_4^{3-} , NH_4^+ , NH_3), kao i do porasta Cl^- i smanjenja NO_3^- . To znači da je uticaj ribnjaka prisutan, ali da je nedovoljno veliki da bi doveo da tako značajnih promena u hemizmu vode u recipijentu kao što je to bio slučaj u Crnici i Mlavi. To se moglo i očekivati s obzirom da je produkcija ribnjaka, u odnosu na protok u sušnom periodu (kao mera uticaja ribnjaka), 3,9 puta manja nego u slučaju ribnjaka na Crnici, a čak 6,1 puta manja nego u slučaju ribnjaka na Mlavi (Tabela 28). Iako bez statističke značajnosti, zbog velike sezonske varijacije, uliv otpadnih voda iz ribnjaka doveo je do gotovo dvostrukog povećanja koncentracija NH_4^+ i P_u na RČ3 u odnosu na RČ2. Upoređivanjem apsolutnih

vrednosti hemijskih parametara, između do sada opisanih reka, uočava se da je voda u Rači značajno baznija od one u Crnici (Tabela 29), a pogotovo Mlavi (Tabela 30) i to naročito ukoliko upoređujemo kontrolne lokalitete. Isto tako, na kontrolnim lokalitetima dvostruko je veća koncentracija NH_4^+ ($105,3 \pm 38,2$, Tabela 31) nego u Crnici (Tabela 29) i Mlavi (Tabela 30), što uz visoke vrednosti pH uslovljava da je koncentracija NH_3 na kontrolnim lokalitetima desetak puta veća nego u slučaju Mlave i Crnice, odnosno uporediva sa koncentracijama NH_3 po ulivu ribnjačke vode na ovim rekama. Kao i prethodne dve reke, i Raču karakteriše relativno hladna voda sa $t_{\text{vmax}} < 17^\circ\text{C}$, dok su joj elektroprovodljivost, tvrdoća vode i koncentracije NO_3^- i SO_4^{2-} (Tabela 31) značajno manje nego u Crnici i Mlavi (Tabele 29 i 30), dok je koncentracija Cl^- veća nego u ove dve reke. Koncentracije P_u i PO_4^{3-} na kontrolnim lokalitetima uporedive su sa istim lokalitetima na Mlavi i Crnici, ali su koncentracije nizvodno od ispusta manje (Tabela 31) nego na ove dve reke zbog manjeg uticaja ribnjaka.



Slika 35. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Rači. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Rači uzvodno (RČ1 i RČ2) i nizvodno (RČ3-RČ6) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Rači.

U odnosu na hemijske parametre, hidrološki parametri i sastav podloge na istraživanim lokalitetima nešto su varijabilniji. Sa stanovišta uticaja ribnjaka, važno je naglasiti da je, kao i u slučaju prethodna dva ribnjaka, u Rači na lokalitetu ispod ribnjaka (RČ3) došlo takođe do povećanja učešća mulja kako u odnosu na kontrolne

lokalitete, tako i u odnosu na one nizvodno. Međutim, iako manje nego na lokalitetu RČ3 ($15,0 \pm 1,54$), učešće mulja na RČ2 ($8,57 \pm 1,80$) statistički je značajno veće u odnosu na sve lokalitete nizvodno od RČ3 (tabela 31). Što se tiče ostalih elemenata podloge, najsličniji su lokaliteti RČ2 i RČ3, koji se odlikuju većom zastupljenošću peska i šljunka, a manjom zastupljenošću kamena i stena u odnosu na većinu ostalih lokaliteta. Na ostalim lokalitetima izrazito je dominantan oblik supastrata sa šljunkom i stenama koji su subdominantni. Od ostalih merenih hidroloških parametara, uočeno je da dolazi do statistički značajnog porasta dubine nizvodno od RČ2, a protoka nizvodno od RČ3, dok najveći broj lokaliteta karakteriše umerena brzina toka, izuzev RČ2 gde je on prilično brz ($0,56 \pm 0,01$ m/s) i RČ1 gde je spor ($0,25 \pm 0,05$ m/s).

Zaključci izvedeni na osnovu analize statističke značajnosti razlika u abiotičkim faktorima između ispitivanih lokaliteta još su očegledniji kada se podaci predstave pomoću analize glavnih komponenti parametara koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v , Slika 35.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 35.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 35.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju najveći deo varijabilnosti (75,39%), pri čemu F1 osa objašnjava blizu pet puta veću varijabilnost podataka u odnosu na F2 osu, te je čitava analiza gotovo jednodimenzionalna.

F1 osa je pre svega određena sa pH, NH_3 , P_u i NH_4^+ , koji su asocirani sa njenim negativnim krajem i O_2 , koji je asociran sa njenim pozitivnim krajem. Ispust je jasno izdvojen od ostalih lokaliteta i smešten na negativnom kraju F1 ose te ga karakterišu visoke vrednosti pH, NH_3 , P_u i NH_4^+ , a mala vrednost O_2 , dok su kontrolni lokaliteti i to posebno RČ1 asocirani sa pozitivnim krajem F1 ose. Lokaliteti nizvodno od ispusta grupisani su oko koordinatnog početka, ali bliže kontrolnim lokalitetima nego ispustu. Iako grupisani, ipak se može uočiti da su RČ3 i RČ4' najbliži ispustu, dok su RČ4 i RČ6 najbliži kontrolnim lokalitetima. Položaj RČ3 je očekivan, dok se položaj RČ4' može objasniti time da se nizvodno od njega ulivaju vode iz malog šaranskog ribnjaka koji je takođe deo kompleksa manastira Rača. Sve u svemu, u odnosu na hemijske parametre, efekat ribnjaka je vidljiv ali mnogo diskretniji u odnosu na Crnicu, a posebno Mlavu i shodno tome i mnogo manjeg dometa, naročito ako se uzme da se potpuno gubi već na RČ4 koji je svega 180 m udaljen od RČ3.

Tabela 31. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Rači (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	RČ1	RČ2	Ispust	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
t_v (°C)	10,66±1,13	12,14±0,7	13,83±2,28	12,1±0,79	12,43±1,18	12,41±1,17	12,53±1,25	12,37±1,41
O ₂ (mg/l)	10,88±0,46 ^a	10,34±0,16 ^b	9,42±0,22 ^{a,b,c}	10,01±0,16	10,33±0,31 ^c	10,13±0,17 ^c	10,17±0,25 ^c	10,26±0,34 ^c
pH	8,20±0,07 ^a	8,34±0,03 ^b	8,59±0,04 ^{a,b,c}	8,46±0,04 ^{a,b,c}	8,34±0,07 ^c	8,44±0,04 ^{a,c}	8,40±0,07	8,40±0,05 ^{a,c}
EP (μS/cm)	347±16	331±13	316±16	327±15	330±16	321±15	313±23	321±18
P _u (μg P/l)	23,6±9,9 ^a	22,5±8,5 ^b	76,2±9,7 ^{a,b,c}	37,6±10,8 ^c	29,5±8,4 ^c	38,1±8,3 ^c	40,5±11,1 ^c	41,8±13,4 ^c
PO ₄ ³⁻ (μg P/l)	21,1±8,66 ^a	15,8±6,0 ^b	38,5±7,9 ^{a,b,c}	21,3±5,9 ^c	16,6±6,1 ^c	35,8±13 ^c	21,8±7,6 ^c	20,1±7,5 ^c
NH ₄ ⁺ (μg NH ₄ ⁺ /l)	105,3±38,2 ^a	113,6±41,9 ^b	365,3±62,3 ^{a,b,c}	188,2±40,0 ^c	129,4±48,9 ^c	137,7±46,4	122,8±50,1	151,8±56,2
NH ₃ (μg NH ₃ /l)	3,90±1,65 ^a	5,26±1,67 ^b	43,4±12,7 ^{a,b,c}	11,2±1,52 ^{a,b,c}	7,60±3,13 ^c	8,34±2,93 ^c	8,85±4,01 ^c	9,13±3,63 ^c
TV (dH)	1,09±0,05	1,07±0,04	1,04±0,03	1,08±0,04	1,08±0,04	1,07±0,04	1,06±0,04	1,06±0,04
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,71±0,02 ^a	2,81 ^b	2,19 ^{a,b,c}	2,58±0,04 ^c	2,87±0,07 ^c	2,76 ^c	2,57 ^c	3,17 ±0,01 ^c
Cl ⁻ (mg/l)	1,49±0,08 ^a	1,42±0,08 ^b	2,22±0,58 ^{a,b}	1,99±0,50	2,20±0,54 ^b	1,88±0,36	1,57±0,16	2,41±0,27
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	7,50±0,30 ^a	5,25±0,62 ^{a,b}	5,42±0,73 ^a	4,85±0,74 ^{a,d}	5,82±0,60 ^a	6,61±0,77	5,95±0,74	7,34±0,58 ^{b,d}
dubina (m)	0,12±0,01 ^a	0,11±0,01 ^b	—	0,16±0,01 ^{a,b}	0,19±0,03 ^{a,b}	0,19±0,02 ^{a,b}	0,18±0,02 ^{a,b}	0,15±0,01 ^b
širina (m)	3,13±0,43	2,71±0,14 ^b	—	2,35±0,09	3,49±0,20 ^b	3,2±0,25	3,59±0,14 ^b	4,19±0,38 ^b
brzina (m/s)	0,25±0,05 ^a	0,56±0,01 ^{a,b}	—	0,40±0,03 ^{a,b,c}	0,48±0,07	0,41±0,05 ^{a,b}	0,51±0,03 ^{a,b}	0,43±0,06
protok (m ³ /s)	0,16±0,07	0,12±0,01 ^b	—	0,11±0,01 ^c	0,31±0,11 ^{b,c}	0,27±0,08 ^c	0,33±0,07 ^{b,c}	0,34±0,10 ^b
mulj (%)	3,57±1,80 ^a	8,57±1,80 ^b	—	15,0±1,54 ^{a,b,c}	0 ^{b,c}	0,71±0,71 ^{b,c}	2,86±1,50 ^{b,c}	1,43±1,43 ^{b,c}
šljunak (%)	16,43±4,46 ^a	44,30±3,85 ^{a,b}	—	37,14±4,48 ^{a,c}	24,29±2,54 ^{b,c,d}	10,71±2,02 ^{b,c,d,e}	21,43±4,18 ^{b,c,e}	31,43±4,46 ^{a,d,e}
pesak (%)	6,43±2,83	14,29±2,97 ^b	—	17,86±4,98 ^c	3,57±1,80 ^{b,c}	7,14±2,86	7,86±3,91	1,43±0,92 ^{b,c}
kamenje (%)	62,14±6,80 ^a	32,86±5,10 ^{a,b}	—	30,00±1,89 ^{a,c}	48,57±2,83 ^{b,c,d}	67,86±4,06 ^{b,c,d,e}	50,00±5,67 ^{b,c,e}	57,14±3,76 ^{b,c}
stene (%)	11,43±1,80 ^a	0 ^{a,b}	—	0 ^{a,b,c}	23,57±2,10 ^{a,b,c,d}	13,57±1,43 ^{b,c,d}	17,86±2,40 ^{b,c}	8,57±1,43

^{a, b, c, d, e} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (tv) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

U PCA hidroloških faktora i sastava podloge duž ispitivanih lokaliteta na reci Mlavi (Slika 35.B) ose objašnjavaju 80,98% varijabilnosti, pri čemu je kao i u slučaju hemijskih parametara F1 izrazito dominantna i objašnjava 62,61% varijabilnosti, dok F2 osa objašnjava više nego tri puta manje, 18,37%, što čini promene duž F1 ose mnogo značajnijim za razumevanje međuodnosa između istraživanih lokaliteta. U ovoj analizi, uticaj ribnjaka nije uočljiv pošto su na pozitivnom kraju F1 ose jasno izdvojeni lokaliteti neposredno uzvodno (RČ2) i neposredno nizvodno (RČ3) od ribnjaka. Ostali lokaliteti su smešteni na negativnom kraju F1 ose. Ovakvo jasno razdvajanje je uslovljeno sastavom podloge i vrednostima dubine i protoka vode koji određuju F1 osu, pri čemu su mulj, šljunak i pesak asocirani sa RČ2 i RČ3, dok su ostali parametri asocirani sa preostalim lokalitetima. Velika sličnost lokaliteta RČ2 i RČ3 u odnosu na podlogu i hidrološke parametre (imajući u vidu da oni sa izuzetkom mulja nisu pod uticajem ribnjaka) dodatno će pomoći da se eventualne promene u sastavu i strukturi zajednice makrozoobentosa između ova dva lokaliteta objasne kao posledica promena u hemijskim parametrima, koje jesu, kao što je ukazano, posledice uticaja ribnjaka.

4.3.4. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Radovanske reke

Pastrmski ribnjak na Radovanskoj reci odlikuje najveća vrednost godišnje produkcije u odnosu na proticaj u prijemnom vodotoku tokom sušnog perioda (Tabela 28) pa se može očekivati da će i njegov uticaj na abiotičke faktore (date u Tabeli 32) u recipijent biti najveći. U osnovnim crtama, promene ovih faktora prate već uočen obrazac u rekama Crnici i Mlavi u kojima ribnjaci imaju jasan uticaj na abiotičke faktore u prijemnom vodotoku. Naime, od hemijskih parametara, vrednosti EP, TV, NO_3^- , Cl^- i SO_4^{2-} ne menjaju se značajno pod uticajem ribnjaka, te ih odlikuju veoma male varijacije duž istraživanih lokaliteta (Tabela 32) i na osnovu njih se mogu doneti opšti zaključci o fizičkim i hemijskim osobinama vode u Radovanskoj reci. U odnosu na tvrdoću vode, voda u Radovanskoj reci je veoma meka, mekša od voda u Mlavi i Trešnjici, sa vrednostima uporedivim sa onim u Rači. Vrednosti EP i NO_3^- su najbliže onima u Mlavi, nešto veće nego u Rači, a manje nego u Crnici. Iako vrednosti EP variraju između do sada opisanih vodotokova, vrednosti u njima se nalaze u opsegu voda sa umerenom koncentracijom soli za slatkovodne tekućice (Tabela 32).

Koncentracije Cl^- i SO_4^{2-} odgovaraju vrednostima u Crnici, manje su od onih u Mlavi, dok su koncentracije Cl^- manji, a SO_4^{2-} veći od vrednosti u Rači.

Hidrološki parametri u Radovanskoj reci najmanje su varijabilni u odnosu na sve do sada opisane tekućice, što je posledica odsustva značajnih promena u brzini vode koja duž celog vodotoka pripada klasi umereno brzih voda (Tabela 32) i protoka, pošto, za razliku od ribnjaka na Mlavi i Crnici, ribnjak na Radovanskoj reci ne koristi alternativne izvore vode za svoje napajanje. Iako je kontrolni lokalitet RD1 veoma blizak glavnom izvoru Radovanske reke, uzorkovanje je vršeno u glavnom toku reke, na mestu gde je reka, za razliku od Mlave i Crnice, već primila svu izvorsku vodu. Kako je izvor veoma izdašan, protok na RD1 je dvostruko veći nego na kontrolnim lokalitetima ostalih vodotokova, što ga čini dovoljnim za napajanje ovog pastrmskog ribnjaka. Konstantnost protoka na nizvodnim lokalitetima uslovljena je odsustvom bilo kakvih pritoka, čak i najmanjih duž ispitivanog toka reke, što nije bio slučaj na Mlavi, Crnici i Rači, gde su pritoke, iako veoma male, ipak postojale. Jedini hidrološki parametar koji pokazuje statistički značajnu promenu jeste blagi porast dubine nizvodno od RD1 (Tabela 32).

Značajan uticaj izvora vidi se i u odnosu na temperaturu vode, koja je uporediva sa temperaturom vode u Mlavi gde izvor takođe ima veoma značajan uticaj, ali je hladnija ($9,2 \pm 0,5$) nego u Rači ($10,66 \pm 1,13$; Tabela 31) i Crnici ($10,76 \pm 0,30$; Tabele 29). Usled toga i u Radovanskoj reci voda je hladna ($t_{\text{vmax}} < 15,5$ °C, Tabela 32) sa relativno malim godišnjim varijacijama temperature ($< 8,5$ °C). Međutim, izvor Radovanske reke je za oko jedan stepen hladniji od onog u Mlavi, te je uticaj ribnjaka na temperaturu vode veći od dosada opisanih vodotokova, pošto povećava srednju temperaturu vode u RD2 u odnosu na RD1 za $1,2$ °C (Tabela 32), dok je u Mlavi, gde je zagrevanje pod dejstvom ribnjaka do sada bilo najveće, porast temperature vode dva puta manji ($0,6$ °C, Tabela 30).

Ostale analizirane parametre (O_2 , pH, P_u , PO_4^{3-} , NH_4^+ , NH_3 , mulj, pesak, kamen i stene) odlikuju statistički značajne varijacije duž ispitivanih lokaliteta. Za razliku od Mlave i Crnice, gde je uticaj ribnjaka takođe značajan, u Radovanskoj reci samo se vrednost pH ne oporavlja nakon uliva ispusne vode iz ribnjaka, već konstantno i statistički značajno raste uslovljavajući da neutralna voda na RD1 postane izrazito bazna na RD5.

Tabela 32 .Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u Radovanskoj reci (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	RD1	Ispust	RD2	RD3	RD4	RD5
t_v (°C)	9,2±0,5 ^a	12,6±1,8 ^b	10,4±0,9 ^{b,c}	10,6±1,0 ^{b,d}	11,1±1,0 ^{a,c,d}	11,4±1,3
O ₂ (mg/l)	11,6±0,3 ^a	8,3±0,6 ^{a,b}	9,2±0,6 ^a	9,8±0,6 ^a	10,6±0,3 ^{a,b}	10,4±0,3 ^{a,b}
pH	7,45±0,09 ^a	8,01±0,07 ^{a,b}	7,73±0,08 ^{a,b,c}	7,87±0,09 ^{a,d}	8,05±0,11 ^{a,c}	8,16±0,09 ^{a,c,d}
EP (µS/cm)	384±28	403±33	408±35	404±34	389±21	410±25
P _u (µg P/l)	29,7±7,9 ^a	118±19 ^{a,b}	79,0±15,1 ^{a,c}	54,2±7,5 ^{a,b}	46,6±8,4 ^b	49,0±6,3 ^{a,b,c}
PO ₄ ³⁻ (µg P/l)	23,0±4,7 ^a	75,2±17,4 ^{a,b}	51,4±10,7 ^{a,c}	37,4±7,1 ^b	34,9±7,5 ^b	30,8±4,3 ^{b,c}
NH ₄ ⁺ (µg NH ₄ ⁺ /l)	77±43 ^a	718±101 ^{a,b}	541±104 ^{a,c}	339±99 ^{a,b,d}	248±148 ^b	92±41 ^{b,c,d}
NH ₃ (µg NH ₃ /l)	0,33±0,16 ^a	19,7±5,4 ^{a,b}	5,70±1,42 ^a	5,45±2,02 ^b	5,09±2,47 ^b	3,18±1,72 ^b
TV (dH)	1,08±0,10	1,07±0,11	1,09±0,11	1,08±0,12	1,08±0,15	1,11±0,11
NO ₃ ⁻ (mg/l)	5,27±0,65	5,71±0,34	5,58±0,32	5,92±0,33	6,25±0,58	6,08±0,57
Cl ⁻ (mg/l)	0,96±0,13	1,04±0,09	0,99±0,08	0,97±0,08	1,20±0,26	1,01±0,12
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	8,81±1,30	9,78±0,80	9,55±0,79	9,42±0,79	9,95±0,66	9,86±0,89
dubina (m)	0,147±0,013 ^a	—	0,174±0,020	0,194±0,020	0,203±0,020 ^a	0,189±0,014 ^a
širina (m)	5,14±0,55	—	5,04±0,48	5,34±0,51	6,40±0,44	5,96±0,49
brzina (m/s)	0,364±0,032	—	0,384±0,037	0,375±0,050	0,361±0,054	0,394±0,053
protok (m ³ /s)	0,274±0,076	—	0,352±0,076	0,395±0,101	0,432±0,125	0,395±0,079
mulj (%)	0,7±0,7 ^a	—	24±6 ^{a,b}	7±3 ^b	8±3 ^{a,b}	3±1 ^b
šljunak (%)	15±3	—	13±3	11±2	11±2	17±5
pesak (%)	1±1 ^a	—	9±3 ^a	6±3	9±3	6±3
kamenje (%)	79±5 ^a	—	34±6 ^{a,b}	55±5 ^{a,b}	55±7 ^a	66±6 ^b
stene (%)	4±1 ^a	—	19±5 ^a	21±3 ^{a,c}	18±3 ^{a,d}	9±2 ^{c,d}

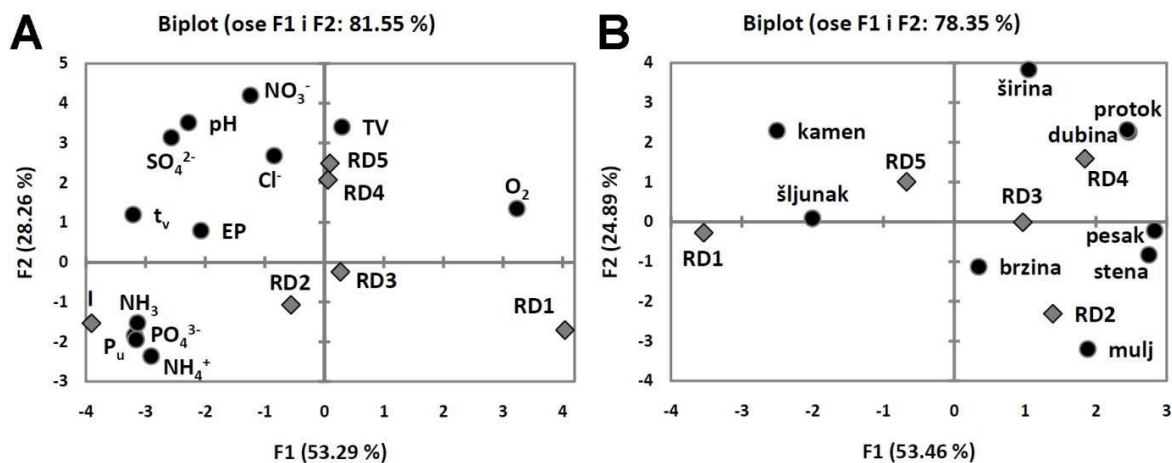
^{a, b, c, d, e} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (tv) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

Promene svih ostalih abiotičkih faktora su prolazne, te se posle inicijalne promene izazvane ulivom ispusnih voda iz ribnjaka postepeno približavaju vrednostima na kontrolnom lokalitetu (Tabela 32). Dva su uzroka za uočeno odstupanje. Prvi je da antropogeni uticaj nizvodno od ribnjaka u potpunosti odsustvuje, jer Radovanska reka duž ispitivanog dela toka protiče kroz šumski i u potpunosti nenastanjeni predeo, što je značajna razlika u odnosu na Mlavu i u manjoj meri Crnicu. Drugi je da je ispitivani deo toka Radovanske reke nizvodno od ribnjaka daleko duži (RD5 je 3,1 km udaljen od ispusta ribnjaka), u odnosu na Crnicu, gde je CR6 svega 1,7 km nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka.

Analiza fizičkih i hemijskih parametara u Radovanskoj reci, baš kao i u Crnici i Mlavi, ukazuje da uliv vode iz ribnjaka ima značajan efekat na vrednosti niza abiotičkih faktora. Da bi se uticaj ribnjaka jasnije sagledao, nezavisno su izvršene analize glavnih komponenti na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v , Slika 36.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 36.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 36.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju najveći deo varijabilnosti (81,55%), pri čemu F1 osa objašnjava približno dva puta više varijabilnosti podataka u odnosu na F2 osu, te su i promene duž ove ose od većeg značaja za razumevanje međudnosa između lokaliteta u odnosu na hemijske parametre.

Ako uporedimo analize glavnih komponenti hemijskih parametara vode između Radovanske reke s jedne i Crnice i Mlave s druge strane, očigledno je da su one veoma slične. Opet su kontrolni lokalitet i ispust smešteni na različitim krajevima F1 ose, dok su ostali lokaliteti praktično identično pozicionirani na njoj, na jednakom rastojanju od ispusta i RD1, gotovo idealno u ravni sa F2 osom. Izuzetak je lokalitet RD2 koji je nešto bliži ispustu. Isti parametri određuju F1 osu na njenom pozitivnom kraju (pH, NH_3 , NH_4^+ , P_u i PO_4^{3-} ; Slika 36A), kao i u Mlavi i Crnici. Za razliku od Mlave i Crnice, koncentracija O_2 je snažno povezana sa negativnim krajem F1 ose, što je uslovljeno pre svega mnogo većim stepenom oporavka od efekata ribnjaka najvarijabilnijih parametara u Radovanskoj reci u odnosu na Mlavu i Crnicu, pošto su promene same koncentracije O_2 u ove tri reke veoma slične. Imajući sve u vidu, čak i u većoj meri nego u Crnici i Mlavi, F1 osu možemo nazvati osom uticaja ribnjaka. Baš kao i u Crnici i Mlavi, F2 osa je osa oporavka od uticaja ribnjaka, jer su duž nje u pravilnom longitudinalnom nizu poredani lokaliteti od ispusta na negativnom kraju do RD5 na pozitivnom. Njen negativni kraj je određen istim parametrima kao i negativni kraj F1 ose (pH, NH_3 , NH_4^+ , P_u i PO_4^{3-}), i to su svi oni hemijski parametri koji se statistički značajno menjaju posle uliva vode ribnjaka u recipijent, a odlikuje ih statistički značajan oporavak nizvodno. Od parametara koji se značajnije menjaju, pozitivan kraj F2 ose određen je pH vrednošću koju, kao što je već rečeno, karakteriše postepeni ali statistički značajan porast duž istraživanog dela toka Radovanske reke. Iako je NO_3^- snažnije asociran sa F2 osom nego pH i menja se u istom smislu kao i pH, promene ovog parametra nisu statistički značajne, te je njegov značaj objektivno manji nego pH. Sumarno, PCA

hemijskih parametara ukazuje na veoma snažan efekat ribnjaka na recipijent, kao i na jasan oporavak od ovog efekta nizvodno, što ukazuje na minimalni uticaj drugih faktora na uočene promene hemijskih parametara koje su, kako je već rečeno, izazvane ispusnim vodama iz pastrmskog ribnjaka.



Slika 36. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u Radovanskoj reci. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na Radovanskoj reci uzvodno (RD1) i nizvodno (RD2-RD5) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na Radovanskoj reci.

U analizu glavnih komponenti PCA hidroloških faktora i sastava podloge duž ispitivanih lokaliteta na Radovanskoj reci (Slika 36. B), zadržane su dve ose koje objašnjavaju značajan deo varijabilnosti (78,35%). Od toga, baš kao i u slučaju PCA hemijskih parametara F1 osa objašnjava približno dva puta više varijabilnosti podataka u odnosu na F2 osu. Na prvi pogled, PCA analize hidroloških faktora u Radovanskoj reci i reci Mlavi (Slika 36.B) veoma su slične, jer je najuočljiviji rezultat obe, jasna izdvojenost kontrolnog lokaliteta od nizvodnih lokaliteta. Međutim, ako se PCA grafici pažljivije pogledaju, uočavaju se suštinske razlike. Prvo, u Radovanskoj reci usled konstantosti hidroloških parametara ovakav raspored lokaliteta određen je u najvećoj meri sastavom podloge. Drugo, lokalitet RD1 se izdvaja usled minimalne zastupljenosti mulja, peska i stena u podlozi (< 5% zajedno) i izrazitom dominacijom kamena, što je gotovo u potpunosti suprotno situaciji u Mlavi. Na RD2 dolazi do ogromnih promena u sastavu podloge usled značajnog povećanja pre svega mulja, a u manjoj meri i peska na "uštrb" kamena. Promena je takva da mulj postaje subdominatni tip podloge (24±6%)

gotovo se izjednačavajući sa kamenom ($34\pm 6\%$), koji je na RD1 bio izrazito dominantan ($79\pm 5\%$). Da ovakvo povećavanje sitnijih tipova podloge jeste efekat ribnjaka ukazuje i njihovo nizvodno smanjivanje koje je praćeno povećanjem učešća kamena. Ako se pri tome uzme u obzir da na lokalitetima nizvodno od ribnjaka dolazi i do povećanja dubine vode (koje nije praćeno povećanjem brzine toka), može se očekivati da, za razliku od Mlave, promene sastava podloge pod dejstvom ribnjaka imaju sinergističko dejstvo sa promenama hemijskih parametara koje ribnjak izaziva. Ovo sinergističko dejstvo bi trebalo da dovede do povećanja stepena potamonizacije zajednice makrozoobentosa na RD2 u odnosu na RD1.

4.3.5. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Rasine

Analiza abiotičkih faktora na istraživanim lokalitetima reke Rasine (Tabela 33), pokazuje da ih karakteriše veoma mali stepen longitudinalnog variranja. Naime, statistički značajne promene uočene su u nekoliko analiziranih parametara: porastu t_v na lokalitetima nizvodno od RA2, porastu pH na RA6 u odnosu na RA1, RA2, RA5 i ispust; porastu pH na lokalitetu RA5 u odnosu na ispust i padu koncentracije NO_3^- na RA6 u odnosu na RA3 i RA5. Takođe, konstatovan je porast učešća mulja u podlozi na RA3 u odnosu na sve ostale lokalitete; povećano učešće šljunka u podlozi na RA2 u odnosu na sve lokalitete izuzev RA5 i manje učešće stena u podlozi na RA2 u odnosu na lokalitete RA3, RA4 i RA6.

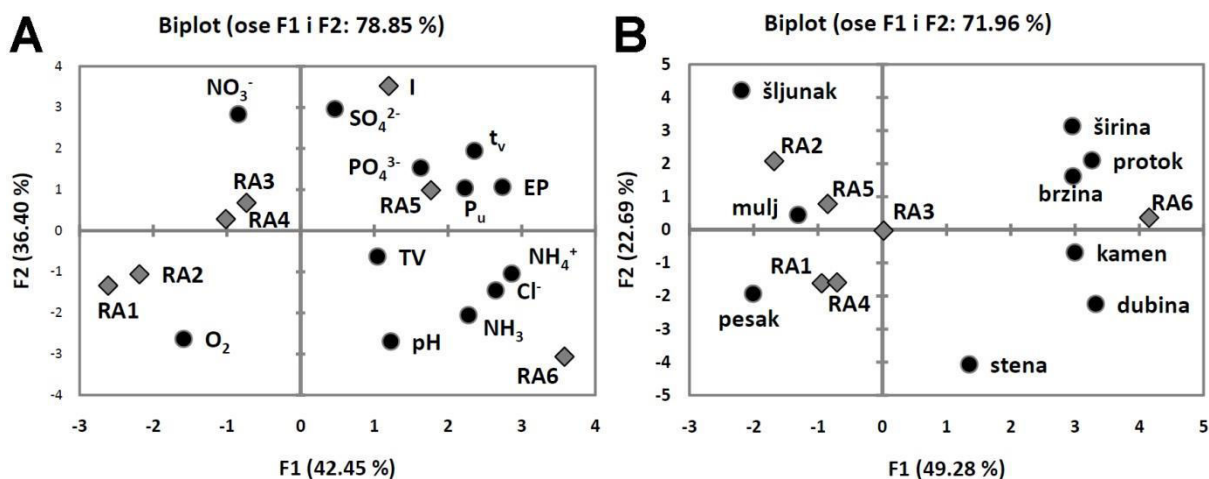
Pri tome, očekivani efekti ribnjaka nisu izraženi čak ni u vodi ispusta. Dakle, jedini očigledni uticaj ribnjaka je porast udela mulja nakon uliva ispusnih voda ribnjaka na lokalitetu RA3 ($21\pm 3\%$) u odnosu na kontrolni lokalitet RA2 ($11\pm 3\%$, $P=0,036$). To se može tvrditi jer promena udela mulja duž ispitivanih lokaliteta reke Rasine u potpunosti odgovara svim do sada opisanim rekama gde su efekti ribnjak nesumnjivi. Pored toga, moguće je da je porast temperature vode na RA3 ($10.4\pm 1,5$ °C) u odnosu na RA2 ($9,0\pm 1,6$ °C, $P=0,007$) uslovljen efektom samog ribnjaka.

Tabela 33. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta ureci Rasini (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	RA1	RA2	Ispust	RA3	RA4	RA5	RA6
t_v (°C)	8,9±1,6 ^a	9,0±1,6 ^b	12,0±1,0 ^{a,b,c}	10,4±1,5 ^{a,b,c}	10,2±1,5 ^{a,b,c}	10,8±1,7 ^{a,b}	10,8±2,0 ^b
O ₂ (mg/l)	11,2±0,7	11,0±0,69	9,6±0,3	10,6±0,6	10,6±0,6	10,5±0,6	10,7±0,6
pH	7,86±0,13 ^a	7,90±0,11 ^b	7,61±0,13 ^c	7,96±0,11	7,91±0,12	7,96±0,06 ^{c,f}	8,21±0,07 ^{a,b,c,f}
EP (μS/cm)	182±18	194±21	250±26	206±24	217±27	228±29	245±26
P _u (μg P/l)	24,0±4,1	22,4±3,1	30,3±4,5	29,0±4,7	26,3±4,0	40,1±6,4	30,8±4,4
PO ₄ ³⁻ (μg P/l)	14,6±5,2	11,6±3,2	16,2±6,0	16,4±5,7	14,1±4,3	18,5±3,9	14,9±3,1
NH ₄ ⁺ (μg NH ₄ ⁺ /l)	100 ±26	96±30	126±30	106±33	110±36	146±47	191±45
NH ₃ (μg NH ₃ /l)	1,98±1,12 ^a	2,20±1,22	2,08±1,07	2,53±1,31	2,43±1,04	2,72±0,88	6,68±1,84 ^a
TV (dH)	0,53±0,06	0,58±0,06	0,68±0,07	0,56±0,06	0,59±0,06	0,66±0,07	0,74±0,08
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,49±0,22	2,83±0,39	3,22±0,31	2,80±0,27 ^d	3,18±0,61	3,01±0,25 ^f	2,01±0,22 ^{d,f}
Cl ⁻ (mg/l)	1,16±0,13	1,21±0,18	1,25±0,14	1,14±0,14	1,21±0,11	1,34±0,12	1,56±0,15
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	8,31±0,41	8,97±0,52	9,94±0,96	9,29±0,57	8,72±0,32	9,13±0,49	8,40±0,36
dubina (m)	0,204±0,030	0,180±0,023	—	0,199±0,029	0,201±0,026	0,186±0,034	0,229±0,021
širina (m)	3,95±0,75	4,88±0,97	—	5,00±0,80	4,16±0,77	5,04±0,41	6,19±0,94
brzina (m/s)	0,341±0,053	0,380±0,071	—	0,393±0,056	0,404±0,054	0,435±0,056	0,490±0,061
protok (m ³ /s)	0,45±0,188	0,524±0,217	—	0,604±0,236	0,472±0,180	0,528±0,188	0,721±0,202
mulj (%)	9±3 ^a	11±3 ^b	—	21±3 ^{a,b,c}	9±1 ^c	9±1 ^c	5,00±2 ^c
šljunak (%)	16±2 ^a	36±7 ^{a,b}	—	19±2 ^b	19±3 ^b	27±6	15±4 ^b
pesak (%)	13±4	9±4	—	7±2	14±3	16±4	7±3
kamenje (%)	49±6	39±9	—	36±3 ^c	40±7	41±8	59±6 ^c
stene (%)	11±2	4±1 ^b	—	16±3 ^b	18±1 ^b	8±2	14±2 ^b

a, b, c, d, e, f razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (*tv*) ili neuparenim *t* testom (ostali parametri)

Ako se uporede apsolutne vrednosti abiotičkih parametra na kontrolnim lokalitetima sa do sada opisanih rekama, jasno je da se Rasina izdvaja sa najnižim vrednostima elektorprovodljivosti i tvrdoće vode (Tabela 33). Voda je bazna baš kao i u reci Rači što je praćeno i visokim koncentracijama amonijum jona pa time i nedisosovanog amonijaka, kao i niskim koncentracijama NO_3^- . Brzina vode je na svim lokalitetima umerena (Tabela 33).



Slika 37. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Rasini. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Rasini uzvodno (RA1 i RA2) i nizvodno (RA3-RA6) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Rasini.

Zaključna razmatranja na osnovu analize intenziteta promena abiotičkih faktora na lokalitetima reke Rasine dodatno su potkrepljena analizom glavnih komponenti (Slika 37). Kao i u slučaju ostalih reka, PCA je nezavisno primenjena na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v , Slika 37.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 37.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 37.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju 78,85% ukupne varijabilnosti, pri čemu ose F1 i F2 pojedinačno objašnjavaju približno jednak deo varijabilnosti podataka (42,45%, odnosno 36,40%). Efekat ribnjaka se ne može uočiti duž F1 ose jer su duž nje lokaliteti raspoređeni redosledom kojim se nižu duž reke počevši sa RA1 na negativnom kraju, a završivši sa RA6 na pozitivnom. Ispust je ipak pomešten ka RA5 u odnosu na svoj geografski položaj između RA2 i RA3, što ukazuje na veoma diskretne efekte ribnjaka. Ovi efekti

se čine vidljivijim duž F2 ose jer se na njenom negativnom kraju nalaze kontrolni lokaliteti RA1 i RA2 i najnižvodniji lokalitet RA6, a na pozitivnom kraju ispust, dok su ostali lokaliteti smešteni između. Ovakvo tvrđenje potkrepljuje i to da negativni kraj F2 ose određuje koncentracija rastvorenog kiseonika. Međutim, uz O₂ za negativni kraj F2 ose je vezana i koncentracija nedisosovanog amonijaka što opet ukazuje da je efekat ribnjaka, na osnovu merenih hemijskih parametara, ako uopšte postoji, veoma diskretan.

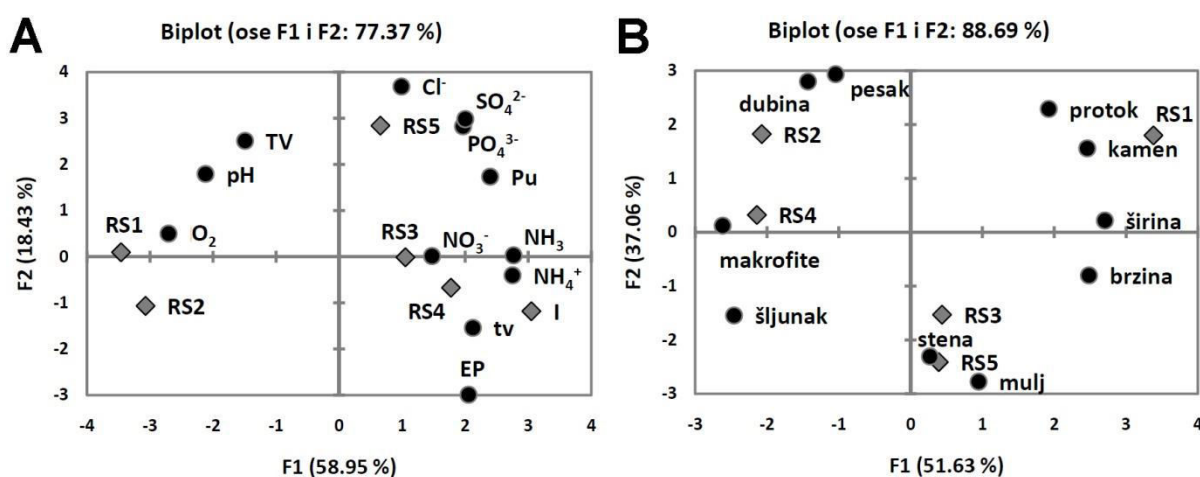
Sličan zaključak se može izvući iz analize glavnih komponenata hidroloških parametara i sastava podloge (Slika 37.B). I u ovoj analizi su zadržane dve ose koje objašnjavaju 71,96% varijabilnosti analiziranih podataka. Od toga F1 osa objašnjava dva puta više varijabilnosti (49,28%) u odnosu na F2 osu (22,69%). Kao i u PCA hemijskih parametara opet je najveće rastojanje duž F1 ose između RA1 i RA6, tako da se može zaključiti da obe PCA analize jednostavno ukazuju na očekivani longitudinalni raspored istraživanih lokaliteta, pri čemu je eventualni antropogeni uticaj nedovoljan da bi se izdvojio iz prirodne raznovrsnosti analiziranih abiotičkih faktora.

4.3.6. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Raške

Rezultati analize abiotičkih faktora na lokalitetima reke Raške sumirani su u Tabeli 34. Međuodnosi abiotičkih faktora i istraživanih lokaliteta na osnovu njih su grafički prikazani koristeći analizu glavnih komponenti (Slika 38). PCA je nezavisno primenjena na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i temperature vode (t_v), Slika 38.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 38.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 38.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju 62,02% (F1) i 17,04% (F2) ukupne varijabilnosti. PCA je pokazala da su u odnosu na hemijske parametre istraživani lokaliteti jasno razdvojeni duž F1 ose na one uzvodno od ispusta pastrmskog ribnjaka (RŠ1 i RŠ2), koji su smešteni na negativnom kraju F1 ose i one nizvodno od njega (RŠ3-RŠ5) smešteni na pozitivnom kraju F1 ose. Jasno je da je voda iz pastrmskog ribnjaka glavni uzrok ovog velikog razdvajanja lokaliteta, pošto je ispust iz pastrmskog ribnjaka na samom pozitivnom kraju F1 ose.

Od izmerenih hemijskih parametara koncentracije nejonizovanog amonijaka i amonijum jona pokazale su najsnažniju pozitivnu, a rastvorenog kiseonika najsnažniju negativnu asocijaciju sa F1 osom, te ih s toga treba smatrati osnovnim faktorima preko

kojih pastrmski ribnjak utiče na prijemni vodotok. I zaista, samo pomenute parametre karakteriše statistički značajna razlika u odnosu na kontrolne lokalitete i to kako u vodi ispusta, tako i na lokalitetima nizvodno (Tabela 34). Koncentracija ortofosfata se takođe statistički značajno povećala posle uliva ribnjačke vode u prijemni vodotok. Međutim, njihova koncentracija u vodi ispusta je bila nešto manja nego na RŠ3, a karakterisao ju je i dalji porast nizvodno (RŠ4 i RŠ5) koji doduše nije statistički značajan (Tabela 34), što ukazuje na postojanje dodatnog izvora PO_4^{3-} . Statistički značajno veće vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika i manje vrednosti NH_4^+ na RŠ5 u odnosu na ispust (Tabela 34), kao jasni pokazatelji oporavka, dodatno potvrđuju da je uliv vode iz pastrmskog ribnjaka osnovni uzrok njihove promene.



Grafik 18. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Raškoj. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Raškoj uzvodno (RŠ1 i RŠ2) i nizvodno (RŠ3-RŠ5) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Raškoj.

U PCA hidroloških parametara i sastava rečnog dna zadržane su dve ose koje objašnjavaju 53,61% (F1) i 37,06% (F2) ukupne varijabilnosti (Slika 38.B). Položaj izučavanih lokaliteta ukazuje na nedostatak uticaja pastrmskog ribnjaka na ove parametre, pošto su kontrolni lokaliteti (RŠ1 i RŠ2) smešteni na suprotnim stranama F1 ose, a RŠ2 najbližiji sa RŠ4. RŠ1 lokalitet je jasno izdvojen usled dominacije kamena u supstratu, dok je na ostalim lokalitetima dominantan šljunak, kao i najvećom brzinom toka (Tabela 34). Lokaliteti RŠ2 i RŠ4 su odvojeni od RŠ3 i RŠ5 usled statistički značajno veće dubine vode i manje brzine vode (Tabela 34). Jedini mogući uticaj

pastrmskog ribnjaka je mali ali statistički značajan porast udela mulja u sastavu podloge na lokalitetu RŠ3 u odnosu na RŠ2 (Tabela 34).

Tabela 34. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Raškoj (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	RŠ1	RŠ2	Ispust	RŠ3	RŠ4	RŠ5
t_v (°C)	11.2±0.4	11.3±0.4	12.1±0.6	11.5±0.4	11.4±0.4	11.4±0.7
O ₂ (mg/l)	10.9±0.3 ^a	11.2±0.4 ^b	7.2±0.4 ^{a,b,c}	8.1±0.6 ^{a,b,c}	8.3±0.3 ^{a,b,c,e}	9.3±0.3 ^{a,b,c,e}
pH	7.85±0.07	7.93±0.10	7.64±0.13	7.72±0.13	7.80±0.14	7.88±0.15
EP (µS/cm)	374±15	376±14	381±16	381±15	381±14	374±16
P _u (µg P/l)	18.9±4.2 ^a	26.5±3.5	46.0±10.7 ^a	34.1±5.7 ^a	38.1±6.3 ^a	47.9±12.3
PO ₄ ³⁻ (µg P/l)	10.0±1.8 ^a	13.8±0.9 ^b	17.6±2.1 ^a	18.8±2.0 ^{a,b}	21.2±2.4 ^{a,b}	25.3±5.7 ^a
NH ₄ ⁺ (µg NH ₄ ⁺ /l)	30±16 ^a	36±16 ^b	346±58 ^{a,b,c}	272±48 ^{a,b}	269±42 ^{a,b}	193±33 ^{a,b,c}
NH ₃ (µg NH ₃ /l)	0.48±0.24 ^a	0.68±0.32 ^b	5.13±2.07 ^{a,b}	4.18±1.72 ^{a,b}	4.66±1.64 ^{a,b}	3.53±0.8 ^{a,b}
TV (dH)	0.995±0.096	0.971±0.095	0.967±0.093	0.981±0.099	0.947±0.104	0.985±0.101
NO ₃ ⁻ (mg/l)	5.14±0.07	4.95±0.12 ^b	5.18±0.14	5.09±0.12	5.57±0.23 ^b	5.19±0.12
Cl ⁻ (mg/l)	1.69±0.07	1.57±0.07	1.64±0.06	1.72±0.06	1.68±0.08	1.74±0.11
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	2.08±0.22	2.09±0.27	2.45±0.24	2.29±0.23	2.24±0.32	2.59±0.35
dubina (m)	0.25±0.01 ^a	0.31±0.02 ^{a,b}	—	0.19±0.01 ^{a,b,c}	0.29±0.03 ^{c,d}	0.16±0.02 ^{a,b,d}
širina (m)	3.11±0.31 ^a	1.96±0.17 ^a	—	2.27±0.15 ^a	2.03±0.14 ^a	2.53±0.42
brzina (m/s)	0.715±0.084 ^a	0.530±0.044 ^{a,b}	—	0.712±0.067 ^{b,c}	0.526±0.032 ^{a,c}	0.624±0.080
protok (m ³ /s)	0.555±0.098 ^a	0.328±0.047	—	0.315±0.050 ^a	0.320±0.054	0.240±0.039 ^a
mulj (%)	9±2	5±1 ^b	—	14±1 ^b	10±2 ^b	12±2 ^b
šljunak (%)	20±2 ^a	69±3 ^b	—	68±3 ^{a,c}	78±2 ^{a,b,c,d}	69±3 ^{a,d}
pesak (%)	7±1 ^a	12±1 ^{a,b}	—	1±1 ^{a,b,c}	7±2 ^{b,c,d}	2±1 ^{a,b,d}
kamenje (%)	65±3 ^a	14±3 ^{a,b}	—	17±3 ^{a,c}	5±1 ^{a,b,c,d}	13±1 ^{a,d}
stene (%)	0	0	—	0	0	5±0

a, b, c, d, e, f razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (*tv*) ili neuparenim *t* testom (ostali parametri)

Među osnovnim zajedničkim karakteristikama abiotičkih faktora u reci Raškoj treba istaći hladnu vodu sa najnižom maksimalnom temperaturom, $t_{vmax} = 14.1$ °C i sa najmanjim godišnjim varijacijama temperature od svega 8,5 °C u odnosu na sve ostale ispitivane vodotokove. Rašku karakterišu i najniže koncentracije P_u, NH₄⁺ i SO₄²⁻ na kontrolnim lokalitetima od svih do sada opisanih vodotokova. Pored toga, baš kao i u Rasini i Rači, voda je bazna na svim lokalitetima. Elektroprovodljivost, tvrdoća vode i koncentracija NO₃⁻ najbliži su onima u Radovanskoj reci i u odnosu na njih voda u reci Raškoj je veoma meka, sa umerenim sadržajem soli za tekuće slatke vode. U

odnosu na brzinu toka, vode reke Raške kreću se u okviru kategorije prilično brzih voda. U odnosu na sastav podloge, reka Raška se jasno izdvaja od ostalih reka po izrazitoj dominaciji šljunka duž najvećeg dela toka.

4.3.7. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Studenice

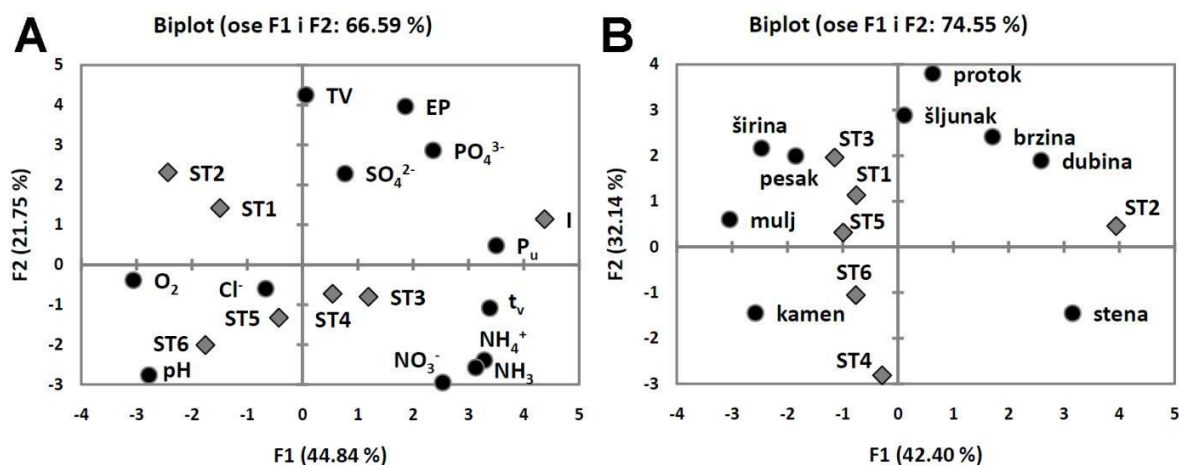
Analiza abiotičkih faktora na istraživanim lokalitetima reke Studenice (Tabela 35) pokazala je veoma veliku sličnost sa Rasinom (Tabela 33) i to kako u odnosu na apsolutne vrednosti parametara, tako i u odnosu na mali stepen njihove varijabilnosti između lokaliteta. U odnosu na apsolutne vrednosti abiotičkih parametara, Studenica se uz Rasinu izdvaja sa veoma niskim vrednostima elektroprovodljivosti i tvrdoće vode, kao i koncentracije NO_3^- . Studenicu karakterišu najniže srednje temperature vode (Tabela 35), ali i njihove najveće godišnje varijacije. Tako je $t_{\text{vmax}} = 19.3 \text{ }^\circ\text{C}$ najviša zabeležena temperatura vode tokom ovih istraživanja, a $t_{\text{vmin}} = 0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ najniža, što rezultuje maksimalnom godišnjom varijacijom od $18.2 \text{ }^\circ\text{C}$, što jasno izdvaja Studenicu od ostalih reka u kojima su zbog značajnijeg uticaja izvora na termalni režim godišnje varijacije temperature vode daleko manje.

Reku Studenicu karakteriše bazni pH vode (što je konstatovano i za Rašku, Rasinu i Raču), koji je kao i u Rasini i Rači praćen relativno visokim vrednostima koncentracije NH_4^+ pa samim tim i NH_3 na kontrolnim lokalitetima. Studenica je i reka sa najvišim koncentracijama rastvorenog kiseonika čije su vrednosti konstantno veće od $11,5 \text{ mg/l}$ na svim lokalitetima (Tabela 35). Brzina vode je na granici između umereno brzih i prilično brzih voda (Tabela 35). Ono što Studenicu najjasnije izdvaja od Rasine jeste dvostruko veći protok, pošto istraživani deo toka reke Studenice pripada njenom srednjem toku, a reke Rasine njenom gornjem toku. Dominantni tip supstrata na svim lokalitetima jeste kamen.

Abiotičke faktore u Studenici (kao i u reci Rasini) karakteriše mala varijacija vrednosti između lokaliteta. Ali za razliku od Rasine, kada su u pitanju hemijski parametri i temperatura vode, ta varijacija je ograničena na odnos kontrolnog lokaliteta ST2 s jedne strane, i ispusta i lokaliteta nizvodno od ispusta (ST3) s druge strane, odnosno uzrokovana je u potpunosti delovanjem ispusnih voda ribnjaka. Tako je na ST2, statistički značajno niža temperatura vode nego u vodi ispusta i ST3, niža koncentracija NH_4^+ nego u vodi ispusta i manja koncentracija NH_3 nego na ST3.

Odsustvo statistički značajne razlike u koncentraciji NH_3 između ST2 i ispusta uslovljeno je blagim padom pH u vodi ispusta u odnosu na ST2. Od ostalih statistički značajnih razlika samo je temperatura vode u ispustu veća nego na svim ostalim lokalitetima, izuzev ST6 (Tabela 35). Od hemijskih parametara treba reći da i koncentracije P_u i NO_3^- rastu u ispustu i na ST3, a rastvoreni kiseonik opada u ispustu u odnosu na ST2, ali su ove promene mnogo manje amplitude i nisu statistički značajne. Što se tiče hidroloških parametara vode, lokalitet ST2 karakteriše manja dubina, a lokalitete ST2 i ST4 i manja širina u odnosu na ostale lokalitete. Sastav podloge je takođe konstantan i od statističkih značajnih razlika najuočljivije su manja zastupljenost mulja i veća zastupljenost stena na ST2 u odnosu na ostale lokalitete (Tabela 35).

Iako su abiotički faktori gneralno veoma slični u Studenici i Rasini, kada se istraže njihovi međuodnosi, pomoću analize glavnih komponenti, što se tiče hemijskih parametara i temperature vode, dobija se prilično različita slika. Naime, kao i kod svih vodotokova, analiza glavnih komponenti je urađena nezavisno na parametrima koji su mogli biti praćeni i u vodi ispusta (svi hemijski parametri i t_v , Slika 39.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 39.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 39.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju 44,84% (F1) i 21,75% (F2) ukupne varijabilnosti analiziranih podataka.



Slika 39. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Studenici. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Studenici uzvodno (ST1 i ST2) i nizvodno (ST3-ST6) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Studenici.

Za razliku od Rasine, PCA hemijskih parametara u Studenici je pokazala postojanje jasnog uticija pastrmskog ribnjaka na ove parametre. Naime, duž F1 ose,

koja i objašnjava najveći deo varijabilnosti, jasno su razdvojeni kontrolni lokaliteti (ST1 i ST2) na njenom negativnom kraju od ispusta (I) i na samom pozitivnom kraju, dok su lokaliteti nizvodno od ispusta u pravilnom nizvodnom redosledu poređani u smeru od ispusta ka kontrolnim lokalitetima. Tako je ST3 najbliži ispustu, dok je ST6 u istom nivou sa kontrolnim lokalitetima. Pri tome, koncentracije NH_3 , NH_4^+ i P_u , kao i t_v (temperature vode) povezane su sa pozitivnim krajem F1 ose, a O_2 i pH sa negativnim. Za pobrojane parametre je već pokazano u drugim rekama da su najosetljiviji na uticaj pastrmskog ribnjaka i u njima su se (izuzev pH, čije su promene i onako male) menjali na potpuno isti način kao i u Studenici.

PCA hemijskih parametara vode u reci Studenci pokazala je da uliv otpadne vode iz pastrmskog ribnjaka ima jasan uticaj na recipijent i to na one parametre čija je promena i očekivana, a da nizvodno dolazi do pravilnog oporavka ovih parametara i njihovog povratka na vrednosti na kontrolnim lokalitetima. Treba imati u vidu da je prethodna analiza intenziteta promena relevantnih parametara duž lokaliteta na reci Studenici pokazala da je amplituda efekta ribnjaka mala. Intresantno je razmotriti, kako je tako mali efekat ribnjaka mogao tako jasno biti prikazan PCA analizom. Jednostavno, izostali su drugi uticaji na relevantne faktore (NH_3 , NH_4^+ i P_u , t_v , O_2 i pH) izuzev ribnjaka, što je omogućilo oporavak praćenih parametara nizvodno od uliva vode iz ribnjaka, a to je uslovalo da svoje ekstremne vrednosti, bez izuzetka, dostignu u vodi ispusta (NH_4^+ i P_u , t_v , O_2 i pH, Tabela 35) ili na lokalitetu neposredno nizvodno (NH_3 na ST3, Tabela 35). Uz to, i koncentracije NO_3^- i EP dostigle su ekstremne vrednosti u vodi ispusta i sve je to omogućilo jasno izdvajanje relativno diskretnog efekta ribnjaka. U Rasini, gde je pokazano da je intenzitet variranja sličan kao i u Studenici, efekat ribnjaka nije uočen, iako su i u ovoj reci t_v , pH, O_2 , P_u , PO_4^{3-} i NH_4^+ pokazali očekivane promene u vodi ispusta u odnosu na kontrolni lokalitet čija amplituda, sa izuzetkom NH_3 i NH_4^+ , nije bila ništa manja nego u Studenici. Međutim, u Rasini su nizvodno postojali dodatni izvori uticaja na koncentracije P_u , PO_4^{3-} i NH_4^+ i NH_3 , čiji su efekti intezivniji od ribnjaka, te su ovi hemijski parametri ekstremne vrednosti dostigli ne u ispustu, već na krajnje nizvodnim lokalitetima, što je u potpunosti maskiralo i ovako veoma diskretan uticaj ribnjaka. Naravno, ne treba zanemariti u objašnjavanju razlike u stepenu uticaja ribnjaka između Studenice i Rasine, da je u Studenici porast NH_4^+ , a posebno NH_3 , bio značajno veći nego u Rasini.

Tabela 35. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Studenici (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	ST1	ST2	Ispust	ST3	ST4	ST5	ST6
t_v (°C)	8,9±2,7 ^a	9,1±2,8 ^{a,b}	10,5±2,8 ^{a,b,c}	9,8±3,0 ^{a,b,c}	9,4±2,8 ^c	9,6±2,9 ^c	9,6±2,8
O ₂ (mg/l)	12,1±1,1	11,7±1,0	10,5±0,9	11,6±1,0	11,8±0,9	11,7±0,8	11,5±0,8
pH	8,08±0,15	8,19±0,15	7,97±0,17	8,12±0,13	8,20±0,11	8,24±0,12	8,23±0,14
EP (μS/cm)	204±18	198±20	206±17	196±17	199±16	194±18	193±16
P _u (μg P/l)	22,2±8,2	21,9±9,3	34,1±10,3	30,4±9,9	29,1±11,6	26,0±9,5	18,0±8,7
PO ₄ ³⁻ (μg P/l)	10,5±4,9	12,4±5,7	14,0±4,0	13,2±4,3	11,9±5,3	11,1±5,0	6,5±3,5
NH ₄ ⁺ (μg NH ₄ ⁺ /l)	117±36	63±30 ^b	203±21 ^b	155±28	158±26 ^b	155±37	140±39
NH ₃ (μg NH ₃ /l)	2,04±0,81	1,84±1,19 ^b	6,97±3,03	7,11±2,04 ^b	5,75±2,21	5,97±2,42	3,72±1,00
TV (dH)	0,61±0,03	0,621±0,04	0,61±0,03	0,60±0,03	0,60±0,03	0,61±0,04	0,60±0,04
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,39±0,92	1,58±0,27	2,64±0,97	2,51±0,83	2,55±0,01	2,41±0,81	2,39±0,84
Cl ⁻ (mg/l)	1,29±0,07	1,18±0,09	1,22±0,07	1,21±0,06	1,15±0,06	1,26±0,06	1,25±0,04
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	10,78±0,30	10,85±0,29	10,89±0,27	10,71±0,30	10,91±0,34	10,59±0,31	10,81±0,27
dubina (m)	0,253±0,015 ^a	0,284±0,018 ^b	—	0,212±0,012 ^b	0,197±0,016 ^b	0,232±0,009 ^{b,e}	0,204±0,008 ^{a,b,e}
širina (m)	13,56±1,62 ^a	9,43±0,62 ^{a,b}	—	13,58±1,09 ^{b,c}	9,63±0,64 ^{a,c,d}	12,15±0,70 ^{b,d}	13,32±1,00 ^b
brzina (m/s)	0,485±0,046	0,500±0,039	—	0,493±0,031	0,450±0,046	0,478±0,038	0,475±0,052
protok (m ³ /s)	1,45±0,24	1,54±0,21	—	1,71±0,37	0,90±0,22	1,32±0,08	1,24±0,12
mulj (%)	9±2 ^a	1±1 ^{a,b}	—	10±0 ^b	8±2 ^b	9±1 ^b	5,00±2 ^b
šljunak (%)	18±1 ^a	13±2	—	13±2	9±1 ^a	12±1 ^a	11±1 ^a
pesak (%)	8±2	8±3	—	13±2	8±2	12±3	8±2
kamenje (%)	54±3	48±3 ^b	—	52±3	54±4	55±6	59±2 ^b
stene (%)	10±1 ^a	30±2 ^{a,b}	—	11±2 ^{b,c}	20±3 ^{a,b,c}	12±2 ^b	17±2 ^{a,b,c}

^{a, b, c, d, e, f} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (t_v) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

U PCA analizi hidroloških parametara i sastava podloge zadržane su dve ose koje objašnjavaju 42,4% (F1) i 32,14% (F2) ukupne varijabilnosti (Slika 39.B). Analiza je pokazala da se u odnosu na hidrološke parametare i sastav podloge lokalitet ST2 jasno izdvaja od svih ostalih i zauzima mesto na samom pozitivnom kraju F1 ose. Razlika je tolika da se u odnosu na nju, razlike između ostalih lokaliteta mogu zanemariti, te su oni poređani u gotovo potpuno pravoj liniji normalnoj na F2 osu sa negativne strane koordinatnog početka. Uzrok ovakvog rasporeda jeste najveći sadržaj stena, a najmanji sadržaj mulja, kao i najveća dubina vode na ST2. Ovakva specifičnost sastava podloge na neposrednom kontrolnom lokalitetu bi mogla da u izvesnoj meri lažno potencira eventualne efekte ribnjaka na zajednicu makrozoobentosa, jer bi veći sadržaj sitnijih oblika supstrata na ST3, za koji se ne može tvrditi da je posledica efekta ribnjaka, trebalo da ima uticaj na potamonizaciju zajednica makrozoobentosa.

4.3.8. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Trešnjice

Reka Trešnjica je istraživana tokom 2003. i 2004. godine nezavisno od ostalih reka usled čega postoje izvesne razlike u rasporedu lokaliteta i periodu uzorkovanja (decembar 2003. godine i februar, mart, maj, jun, septembar i oktobar 2004. godine.), kao i u određivanim abiotičkim parametrima u odnosu na ostale reke. Analizirani su hemijski i fizički parametri na 4 lokaliteta (jedan lokalitet uzvodno od ribnjaka – TR1 i tri nizvodno – TR2, TR3 i TR4), za razliku od ranije objavljenih radova (Živić *et al.*, 2009a; Živić *et al.*, 2009b) gde su prikazani rezultati sa 5 lokaliteta. Prvi lokalitet na reci Trešnjici je izostavljen za potrebe ove disertacije, radi usklađivanja korišćenih podataka iz Trešnjice sa ostalim rekama, jer je bio 15,3 km udaljen od ribnjaka, što nije slučaj sa ostalim istraživanim rekama, gde je prvi lokalitet lociran do 1 km uzvodno od ribnjaka. Takođe, prilikom istraživanja na reci Trešnjici nisu određivani hemijski parametri i temperatura vode u vodi ispusta iz ribnjaka. Pored toga, nije određivana koncentracija ukupnih fosfata (P_u), a određivana je koncentracija nitrita (NO_2^-) i nije vršena ni procena učešća različitih tipova supstrata u rečnom dnu.

U odnosu na vrednosti abiotičkih faktora, Trešnjica se jasno izdvaja od ostalih reka po višestruko većoj tvrdoći vode u odnosu na ostale vodotokove, tako da pripada kategoriji mekih voda (Tabela 36). Kontrolni lokalitet (TR1) karakterišu koncentracije

NH_4^+ , NH_3 i PO_4^{3-} ispod granica detekcije, što nije slučaj u drugim rekama. Trešnjicu nizvodno od TR1 karakteriše i najveća brzina toka od svih reka. Brzina toka na ovim lokalitetima (TR2 - TR4) pripada kategoriji veoma brzih (Tabela 36). Trešnjicu karakteriše i najveći protok vode, što nije nije iznenađujuće jer ispitivani lokaliteti pripadaju srednjem i donjem toku ove reke, dok kod većine ostalih istraživačkih reka pripadaju ili izvorišnom regionu ili gornjrm toku. Međutim, vodu na ispitivanim lokalitetima reke Trešnjice karakteriše i niz sličnosti sa ostalim rekama. Tako je kao i u ostalim rekama i u Trešnjici voda hladna ($t_{v\max}=15,4$ °C, Tabela 36) sa umerenim godišnjim variranjima temperature ($t_{v\max}-t_{v\min}=10,8$ °C). Voda u Trešnjici je bazna baš kao i u rekama Rači, Studenici, Rasini i Raškoj. Trešnjicu karakteriše relativno niska elektroprovodljivost čije se vrednosti kreću između onih u Rači (Tabela 31) i Rasini (Tabela 33), dok su koncentracije NO_3^- i SO_4^{2-} veoma bliske izmerenim koncentracijama u rekama Rasini i Studenici.

Tabela 36. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Trešnjici (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	TR1	TR2	TR3	TR4
t_v (°C)	9,9±1,3	10,2±1,4	9,9±1,3	10,1±1,4
O_2 (mg/l)	10,7±0,5 ^a	8,5±0,8 ^a	9,8±0,6	9,4±0,5
pH	7,98±0,11	7,83±0,13	7,97±0,17	7,90±0,14
EP (µS/cm)	287±11	292±12	291±12	301±15
PO_4^{3-} (µg P/l)	< 6,4	< 6,4	< 6,4	< 6,4
NH_4^+ (µg NH_4^+ /l)	< 10 ^a	150±89 ^a	95,7±61,5	60,0±42,5
NH_3 (µg NH_3 /l)	<0,22±0,06 ^a	6,68±4,26 ^a	8,13±6,39	3,61±2,89
TV (dH)	6,45±0,97	6,60±0,94	6,50±0,91	6,78±0,98
NO_3^- (mg/l)	2,28±0,33 ^a	3,20±0,24 ^a	3,22±0,26 ^a	3,66±0,23 ^a
NO_2^- (mg/l)	0,17±0,11	0,08±0,08	0,07±0,07	0,14±0,09
Cl^- (mg/l)	1,48±0,17	1,51±0,21	1,44±0,17	1,59±0,17
SO_4^{2-} (mg/l)	9,26±0,56	9,58±0,57	9,70±0,60	10,42±0,64
dubina (m)	0,210±0,019	0,265±0,030	0,207±0,029	0,230±0,028
širina (m)	12,6±1,0	11,1±1,1	13,1±1,5	9,92±1,26
brzina (m/s)	0,67±0,11 ^a	1,20±0,11 ^a	1,25±0,14 ^a	1,47±0,22 ^a
protok (m ³ /s)	1,79±0,34	3,91±1,00	3,70±1,00	3,80±1,15

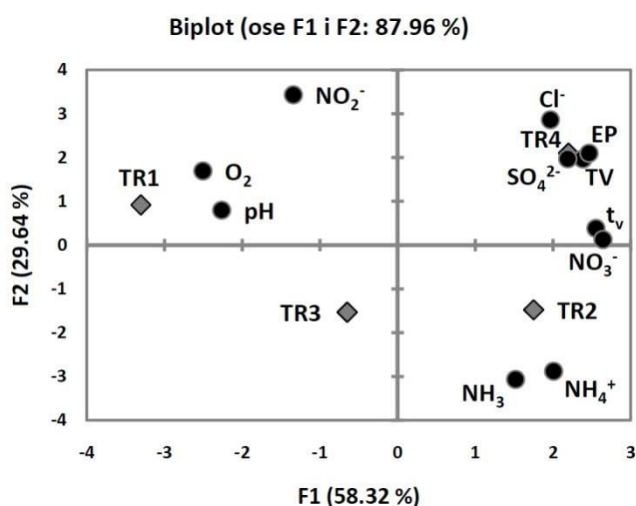
^{a,b,c,d,e,f} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P<0,05$) mereno uparenim (t_v) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

Kod analiziranih hemijskih parametara koje karakterišu statistički značajne razlike između lokaliteta, te razlike su ili ograničene na lokalitete TR1 i TR2 (O_2 , NH_4^+ , NH_3) ili ako nisu (NO_3^-) onda se prvi put javljaju između ova dva lokaliteta, što sve ukazuje da su ispusne vode iz pastrmskog ribnjaka njihov osnovni uzrok (Tabela 36). Iznenadjujuće je da pastrmski ribnjak koji uzrokuje značajno smanjenje O_2 i povećanje koncentracije NH_4^+ i NH_3 ne uzrokuje merljivo povećanje koncentracije ortofosfata koja i nizvodno od ribnjaka ostaje ispod granice detekcije, odnosno $< 6,4 \mu g P/l$. Takođe, Trešnjica je jedina od istraživanih reka na kojoj pastrmski ribnjak izaziva statistički značajan porast koncentracije nitrata (Tabela 36). Što se tiče oporavka vrednosti hemijskih faktora izmenjenih usled uliva vode iz ribnjaka, on je jasan, mada ne i statistički značajan u slučaju NH_4^+ i NH_3 ; nepotpun zbog pada koncentracije O_2 na TR4 i izostaje u slučaju NO_3^- čija koncentracija nastavlja da raste nizvodno, ali značajno blaže i ne statistički značajno, dostižući maksimum na TR4. Koncentraciju SO_4^{2-} baš kao i NO_3^- karakteriše monoton porast od TR1 ka TR4, s tom razlikom da promene nisu statistički značajne (Tabela 36). Od analiziranih hidroloških parametara, uočeno je da dolazi do statistički značajnog porasta brzine toka između TR1 i TR2, koja se održava i nizvodno (Tabela 36). Između TR1 ($1,79 \pm 0,34 m^3/s$) i TR2 ($3,91 \pm 1,00 m^3/s$) više nego dva puta raste i protok ali ova promena zbog velikih sezonskih varijacija nije statistiki značajna. Porast protoka, kao i u slučaju Crnice i Mlave, posledica je postojanja alternativnih izvora snabdevanja ribnjaka vodom pored glavnog toka reke Trešnjice.

Da bi grafički sažeto prikazali međuodnose između hemijskih parametara i temperature vode, kao međuodnose između istaraživanih lokaliteta koji su njima uslovljeni, iskorišćena je analiza glavnih komponenti (Slika 40). U slučaju PCA hemijskih parametara zadržane su dve ose koje objašnjavaju 60,94% (F1) i 24,92% (F2) ukupne varijabilnosti analiziranih podataka. Na prvi pogled je jasno da je kontrolni lokalitet izdvojen na negativnoj strani F1 ose od lokaliteta nizvodno od ribnjaka, naročito TR2 i TR4 koji se nalaze na pozitivnom kraju F1 ose. Od parametara koje karakterišu značajne promene, ovakav raspored lokaliteta duž F1 ose određen je sa O_2 , koji je vezan za negativni kraj F1 ose, i NH_4^+ , NH_3 i NO_3^- , koji su asocirani sa njenim pozitivnim krajem. Položaj TR3 između TR1 i TR2 jasno ukazuje na nizvodni oporavak pomenutih parametara što dodatno potvrđuje da su njihove promene uslovljene prvenstveno dejstvom ribnjaka. Iako se koncentracije NH_4^+ , NH_3 dalje smanjuju na TR4

on se vraća ka pozitivnom kraju F1 ose što je posledica malog porasta EP, TV, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ koji na ovom lokalitetu dostižu maksimalne vrednosti (Tabela 36). Ovo jasno pokazuje F2 osa duž koje je TR4 razdvojen od TR2 i koju na negativnom kraju određuju NH₄⁺, NH₃ koji dostižu maksimum na TR2 pošto ih karakteriše nizvodni oporavak, a na pozitivnom kraju EP, TV, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ koji maksimum dostižu na TR4. Imajući u vidu malu amplitudu porasta pomenutih parametara na TR4, kao i to da se on nalazi u donjem toku Trešnjice veoma blizu njenog ušća u Drinu, može se pretpostaviti da je njihov porast posledica prirodnih procesa.

Kako u Trešnjici nije procenjivan sastav rečnog dna, druga PCA analiza nije urađena. Međutim, na osnovu velikog porasta brzine vode i protoka na TR2 u odnosu na TR1 i činjenice da se vrednosti ovih parametara održavaju nizvodno, jasno je da bi i PCA hidroloških parametara pokazala jasno izdvajanje kontrolnog lokaliteta.



Slika 40. Analiza glavnih komponenti (PCA) hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na lokalitetima na reci Trešnjici uzvodno (TR1) i nizvodno (TR2-TR6) od uliva vode iz ribnjaka.

4.3.9. Fizički i hemijski parametri vode na istraživanom delu toka reke Vrle

Vrednosti abiotičkih parametara vode na ispitivanim lokalitetima reke Vrle date su u Tabeli 37. Ako se analiziraju samo statistički značajne razlike u parametrima između lokaliteta jasno se vidi da one, baš kao i u rekama Studenici i Rasini prilično malo variraju. Sa izuzetkom temperature vode koja je na lokalitetima VR1 i VR2

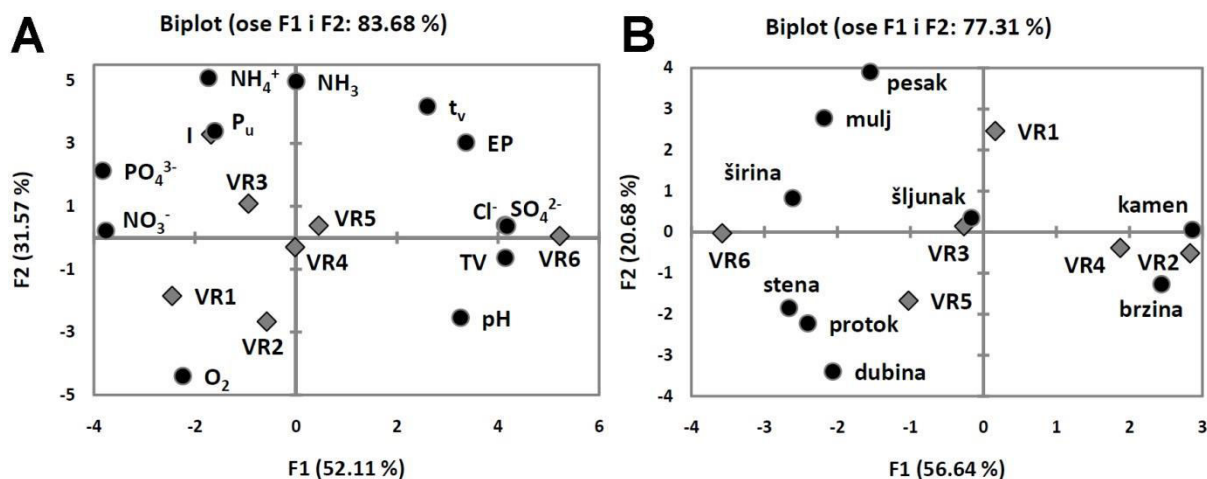
statistički značajno niža, a u vodi ispusta statistički značajno viša u odnosu na sve ostale lokalitete, od ostalih hemijskih parametra vode statistiki značajne razlike karakterišu još samo elektroprovodljivost i koncentracije Cl^- i NO_3^- . Za razliku od temperature vode, do čije promene dolazi po ulivu vode iz ribnjaka, statistički značajne promene preostala tri parametra pre svega su vezane za lokalitet VR6, koji je daleko nizvodno od ribnjaka te se ove promene nikako ne mogu povezati sa uticajem ribnjaka. Tako na lokalitetu VR6 raste EP u odnosu na VR2, raste koncentracija Cl^- u odnosu na sve lokalitete, dok su na lokalitetima VR5 i VR6 koncentracije NO_3^- manje nego na ostalim lokalitetima. Objašnjenje gotovo potpunog odsustva efekta ribnjaka na nivou statistički značajnih promena hemijskih parametara vode između lokaliteta VR2 i VR3, iako je vrednost P_r/Q_{\min} u Vrli uporediva sa onom u Rači, a veća od one u Studenici (Tabela 28) gde su promene hemijskih parametara izazvane ribnjakom ipak uočene, može se objasniti značajnim smanjenjem biomase u ribnjaku posle drugog uzorkovanja (jun 2011) i potpunim odsustvom ribe posle trećeg (septembar 2011, Slika 32). Usled toga došlo je i do velikog smanjenja uticaja ribnjaka na recipijent tokom istraživanog perioda, što je dovelo i do velikih sezonskih varijacija hemijskih parametra koji su najosetljiviji na uticaj rinjaka (P_u , PO_4^{3-} , a posebno NH_4^+ i NH_3 , Tabela 37), te su njihove statistički značajne razlike izostale i ako se može uočiti trend porasta između lokaliteta VR2 i VR3, kao i oporavak nizvodno od VR3 (Tabela 37).

Hidrološki parametri su takođe prilično konstantni te tako nema statistički značajnih promena u brzini vode koja je celom dužinom ispitivanog dela toka u klasi umereno brzih voda (Tabela 37). Longitudinalne promene ostalih parametara se mogu tumačiti kao posledica prirodnih procesa. Tako, protok na VR6 raste u odnosu na VR1, širina u odnosu na VR2, VR3 i VR4, dok je dubina na VR5 i VR6 statistički značajno veća u odnosu na sve ostale lokalitete (Tabela 37). Što se tiče sastava podloge, VR6 se opet izdvaja po statistički značajno najmanjoj zastupljenosti kamena, a u z VR5 najvećoj zastupljenosti stena. Na VR2 dolazi do povećanja učešća mulja u odnosu na VR1, ali i ovde iz već objašnjenih razloga promena nije statistički značajna.

Iako nema statistički značajnih promena abiotičkih parametara, izuzev temperature vode, pod dejstvom ribnjaka, kao što je već rečeno, očekivani trendovi kod hemijskih parametara koji su do sada pokazali najveću osetljivost na uticaj ribnjaka ipak postoje (Tabela 37). Da bi analizirali i sažeto grafički predstavili kakav je uticaj

pomenutih trendova na međusobne odnose istraživanih lokaliteta, izvršena je analiza glavnih komponenti abiotičkih parametara (Slika 41). PCA je nezavisno primenjena na parametrima koji su mogli biti praćeni u vodi ispusta (svi hemijski parametri i temperatura vode, Slika 41.A) i na onima koji su praćeni samo u glavnom toku (sastav podloge i hidrološki parametri, Slika 41.B). U PCA hemijskih parametara (Slika 41.A) zadržane su dve ose koje objašnjavaju, pri čemu ose 52,11% (F1) i 31,57% (F2), ukupne varijabilnosti analiziranih podataka.

Duž F1 ose, što je i moglo biti očekivano iz analize statističkih značajnih razlika u vrednostima hemijskih parametara, jasno je izdvojen lokalitet VR6 na njenom pozitivnom kraju. Ostali lokaliteti su blisko postavljeni na negativnoj polovini F1 ose ukazujući na značajno manju varijabilnost parametara koji ovu osu određuju. To su oni koji dostižu maksimum (Cl^- , EP, SO_4^{2-} i TV) ili minimum (NO_3^- i PO_4^{3-}) na VR6. Kao što se vidi, izuzev koncentracije ortofosfata, to su parametri koji nisu pokazali veliku osetljivost na uticaj ribnjaka. Duž F2 ose koja objašnjava manji ali i dalje značajni deo varijabilnosti, dolazi do jasnog razdvajanja kontrolnih lokaliteta od ispusta koji su smešteni na suprotnim krajevima ove ose, dok su lokaliteti nizvodno od ispusta smešteni između njih. Pri tome, VR3 je bliži ispustu od lokaliteta nizvodno što ukazuje na postanak oporavka parametara koji su asocirani sa F2 osom. To su pre svega O_2 koji je asociran sa negativnim krajem F2 ose, baš kao i kontrolni lokaliteti i NH_4^+ , NH_3 i u nešto manjoj meri P_u i t_v (temperatura vode), koji su povezani sa pozitivnim krajem F2 ose kao i ispust, odnosno oni parametri za koje je i očekivano da definišu uticaj pastrmskog ribnjaka. Dakle, uprkos diskretnom uticaju i njegovom narušavanju usled pražnjenja ribnjaka, primenom PCA ipak je detektovan uticaj pastrmskog ribnjaka na recipijent na osnovu analiziranih hemijskih parametara i t_v .



Slika 41. Analiza glavnih komponenti (PCA) abiotičkih faktora na ispitivanim lokalitetima u reci Vrli. A) PCA hemijskih parametara i t_v (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) merenih u vodi ispusta iz ribnjaka i na lokalitetima na reci Vrli uzvodno (VR1 i VR2) i nizvodno (VR3-VR6) od njega. B) PCA analiza hidroloških parametara i sastava podloge (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode) na ispitivanim lokalitetima na reci Vrli.

U PCA analizi hidroloških parametara i sastava podloge zadržane su dve ose koje objašnjavaju 56,64% (F1) i 20,68% (F2) ukupne varijabilnosti (Slika 41.B). Analiza je pokazala da se u odnosu na hidrološke parametare i sastav podloge duž F1 ose lokaliteti, sa izuzetkom VR4, poređani u nizvodnom nizu sa VR2 na pozitivnom kraju, a VR6 na negativnom. VR4 je postavljen blizu VR2 usled izrazite dominacije kamena u podlozi oba lokaiteta. Pravilan longitudinalni raspored lokaliteta ukazuje da PCA hidroloških parametara i sastava podloge nije registrovala efekat ribnjaka već samo prirodne longitudinalne gradijente analiziranih parametara.

Na kraju, ako se analiziraju apsolutne vrednosti abiotičkih parametara može se uočiti da je hemijski sastav vode ispitivanog dela toka reke Vrle prilično specifičan. On se pre svega jasno izdvaja od ostalih vodotokova po ekstremno mekoj ($TV_{\max} = 0,22 \pm 0,02$ °dH) i oligomineralnoj vodi sa daleko najnižim vrednostima elektroprovodljivosti ($EP_{\max} = 102 \pm 6$ $\mu\text{S}/\text{cm}$) i koncentracijom nitrata ($\text{NO}_3^-_{\max} = 2,14 \pm 0,12$ mg/l) i sulfata ($\text{SO}_4^{2-}_{\max} = 6,54 \pm 0,27$ mg/l) u odnosu na ostale ispitivane reke.

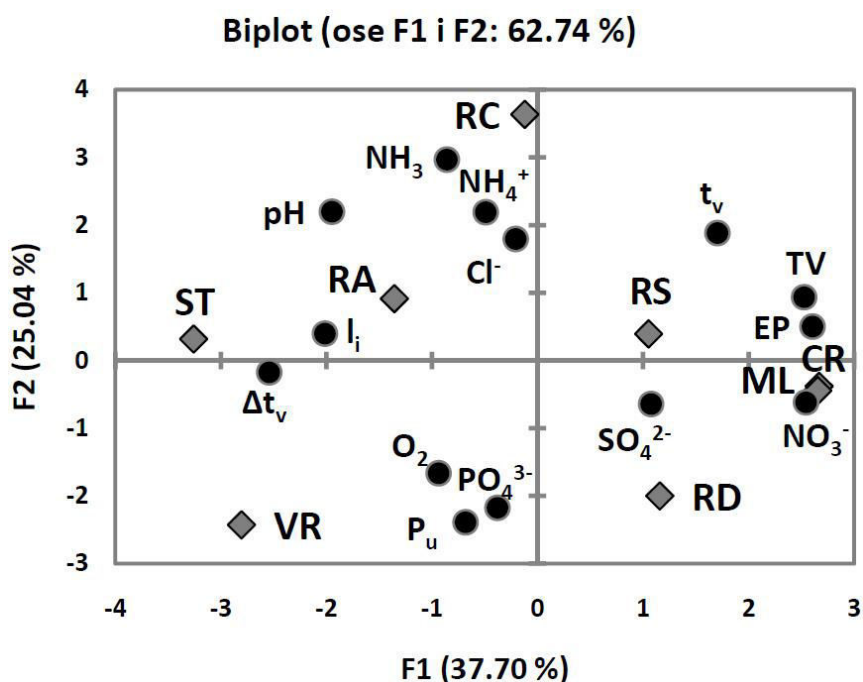
Tabela 37. Srednje vrednosti abiotičkih faktora duž ispitivanih lokaliteta u reci Vrli (značenje skraćenica dato u poglavlju Materijal i metode).

Lokalitet / Parametar	VR1	VR2	Ispust	VR3	VR4	VR5	VR6
t_v (°C)	8,1±1,6 ^a	8,6±1,6 ^{a,b}	9,8±2,0 ^{a,b,c}	9,4±1,9 ^{a,c}	9,5±1,8 ^{a,b,e}	9,8±1,8 ^{a,b,e}	10,0±2,0 ^{a,b,c}
O ₂ (mg/l)	11,2±0,8	11,0±0,7	10,5±0,7	10,6±0,7	10,6±0,7	10,6±0,7	10,5±0,7
pH	7,89±0,08	7,87±0,08	7,74±0,09	7,86±0,07	7,88±0,07	7,96±0,09	8,01±0,09
EP (μS/cm)	84±5	80±4 ^b	92±6	88±5	88±5	87±5	102±6 ^b
P _u (μg P/l)	51,1±5,9	45,3±6,4	56,8±9,0	54,1±7,8	43,2±4,3	44,0±5,5	47,9±8,0
PO ₄ ³⁻ (μg P/l)	29,3±4,6	25,6±3,2	30,6±6,6	28,0±5,0	26,1±3,2	25,6±3,4	22,8±3,0
NH ₄ ⁺ (μg NH ₄ ⁺ /l)	52±22 ^a	44±21	106±51	77±36	68±26	73±27	47±15
NH ₃ (μg NH ₃ /l)	1,06±0,52	0,69±0,36	1,63±1,03	1,36±0,72	1,13±0,44	1,60±0,57	1,21±0,43
TV (dH)	0,19±0,02	0,20±0,02	0,19±0,02	0,20±0,02	0,20±0,02	0,20±0,02	0,22±0,02
NO ₃ (mg/l)	2,00±0,33	1,79±0,15	1,88±0,13 ^c	2,08±0,16 ^d	1,96±0,29	1,67±0,20 ^{c,d}	1,44±0,10 ^c
Cl ⁻ (mg/l)	1,00±0,11 ^a	1,25±0,11 ^b	1,18±0,10 ^c	1,34±0,07 ^{a,d}	1,35±0,09 ^{a,e}	1,16±0,07 ^f	2,14±0,12 ^{a,b,c,d,e,f}
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	5,99±0,33	6,07±0,24	6,064±0,27 ^c	6,09±0,25	6,13±0,27	6,05±0,33	6,54±0,27
dubina (m)	0,131±0,008 ^a	0,141±0,013 ^b	—	0,152±0,005 ^c	0,145±0,018 ^d	0,191±0,011 ^{a,b,c,d}	0,178±0,006 ^{a,b,c,d}
širina (m)	3,43±0,41	2,90±0,26 ^b	—	3,09±0,44 ^c	3,11±0,29 ^d	3,26±0,33	4,35±0,35 ^{b,c,d}
brzina (m/s)	0,360±0,051	0,437±0,046	—	0,379±0,060	0,389±0,035	0,363±0,034	0,355±0,040
protok (m ³ /s)	0,15±0,04 ^a	0,17±0,05	—	0,20±0,08	0,18±0,06	0,21±0,07	0,27±0,06 ^a
mulj (%)	8±2	4±2	—	8±2	4±1 ^d	5±2 ^e	9±1 ^{d,e}
šljunak (%)	19±4	21±4	—	36±9	24±3	17±2	24±3
pesak (%)	18±3 ^a	9±3	—	10±3	9±1 ^a	10±3	15±3
kamenje (%)	41±3 ^a	53±6 ^b	—	30±6 ^{b,c}	51±4 ^{c,d}	34±4 ^e	20±2 ^{a,b,d,e}
stene (%)	15±2 ^a	10±2 ^b	—	21±3 ^{b,c}	11±2 ^{c,d}	34±1 ^{a,b,c,d}	33±3 ^{a,b,d}

^{a,b,c,d,e,f} razlike između vrednosti u istom redu koje dele isto slovo statistički su značajne ($P < 0,05$) mereno uparenim (t_v) ili neuparenim t testom (ostali parametri).

4.4. Usporedna analiza vrednosti abiotičkih faktora i inteziteta uticaja ribnjaka na njih

U ovoj disertaciji ispitan je uticaj pastrmskih ribnjaka na abiotičke faktore u devet reka raspoređenih u različitim krajevima Srbije. U najvećoj meri uticaj pastrmskog ribnjaka na recipijent zavisi od osobina samog ribnjaka (produkcija, tip hrane i dr.), međutim može zavisiti i od osobina samog vodotoka. Efekti veličine protoka vode, kao svakako najvažniji hidrološki faktor koji diktira intenzitet uticaja ribnjaka već su sumirani u P_r/Q_{min} , ali podjednako važno je analizirati i efekat hemijskog sastava vode i temperature vode. Da bismo ovaj efekat analizirali, neophodno je prvo sistematizovati istraživane vodotokove prema vrednostima hemijskih parametara vode na kontrolnim lokalitetima. Kao metoda izbora odabrana je analiza glavnih komponenti. PCA je primenjena za analizu vrednosti hemijskih parametara na kontrolnom lokalitetu najbližem ribnjaku u svakoj reci izuzev Trešnjice koja nije mogla biti uključena u analizu zbog neusaglašenosti merenih hemijskih parametara sa ostalim rekama (Slika 42).



Slika 42. Analiza glavnih komponenti hemijskih parametara i t_v izmerenih na kontrolnim lokalitetima najbližim ribnjaku u istraživanim vodotokovima. Δt_v – razlika maksimalne i minimalne t_v na kontrolnom lokalitetu; I_i – udaljenost kontrolnog lokaliteta od izvora reke; za značenje ostalih skraćenica videti poglavlje Materijal i metode.

U PCA hemijskih parametara i temperature vode na kontrolnim lokalitetima istraživanih vodotokova zadržane su dve ose koje su objašnjavale 37,7% (F1) i 25,04% (F2) ukupne varijabilnosti analiziranih podataka. Jasno se može uočiti da su reke duž F1 ose podeljene u dve grupe. Prvu čine Crnica, Mlava, Radovanska reka i Raška koje su grupisane na pozitivnom kraju F1 ose, a drugu Studenica, Rasina i Vrla koje su jasno grupisane na negativnom kraju F1 ose, dok se Rača nalazi između ove dve grupe. Po čemu se ove dve grupe razlikuju? Prvu grupu u odnosu na drugu karakteriše veća tvrdoća vode (mada i dalje ne izlazi iz klase veoma mekih voda), veća koncentracija rastvorenih soli naročito nitrata i sulfata, ali niža koncentracija nedisosovanog amonijaka ($<0,7 \mu\text{g/l}$), nešto više prosečne godišnje temperature vode (t_v), ali i daleko manje godišnje variranje t_v , značajno niže vrednosti pH koje su bliske neutralnom i manja udaljenost od izvora. Zapravo, prvu grupu čine vodotokovi čiji su ribnjaci ili u neposrednoj blizini veoma izdašnog izvora (RŠ, $l_i=1,4 \text{ km}$), ili se direktno napajaju iz njega (Mlava, Radovanska reka i Crnica). Usled toga se nalaze pod snažnim uticajem podzemnih voda, koji se najjasnije uočava u malim godišnjim oscilacijama t_v ($<4.5 \text{ }^\circ\text{C}$). Drugu grupu čine reke čiji se ispitivani deo toka nalazi u regionu gornjeg toka (Rasina i Vrla) ili srednjeg toka (Studenica) i njihova najuočljivija karakteristika jeste izrazita mekoća, oligomineralnost i baznost. Rača ostaje između ove dve grupe, pre svega zato što je kontrolni lokalitet, RČ2, relativno blizu snažnom izvoru Lađevac ($l_i=3,8 \text{ km}$), pa ga karakteriše male godišnje varijacije t_v ($\Delta t_v=5,3^\circ\text{C}$) i $\text{TV} > 1^\circ\text{dH}$. S druge strane, voda na RČ2 je izrazito bazna ($\text{pH}=8.34\pm 0,03$), a koncentracija NH_3 visoka ($5,26\pm 1,67 \mu\text{g/l}$). Na kraju, elektroprovodljivost u Rači, koja se kreće oko $300 \mu\text{S/cm}$, tačno je između one u prvoj grupi gde iznosi oko $400 \mu\text{S/cm}$ i u drugoj gde iznosi $<200 \mu\text{S/cm}$.

Duž F2 ose razdvojene su samo Vrla i Radovanska reka na negativnom kraju od Rače na pozitivnom. Ovo razdvajanje uslovljeno je visokim NH_3 u Rači, koji je izrazito nizak u Radovanskoj reci i Vrli, koje opet karakteriše najveće koncentracije P_u i PO_4^{3-} .

Da bi se definisao intenzitet uticaja pastrmskog ribnjaka na recipijent moraju se prvo definisati oni abiotički faktori koji su najosetljiviji na efekte ribnjaka. Kao mera uticaja uzeto je postojanje statistički značajne razlike između vrednosti odgovarajućeg parametra na nizvodnom lokalitetu najbližem ribnjaku i one na kontrolnom lokalitetu najbližem ribnjaku (Tabela 38). Prisustvo razlike je označeno sa "da", a pored toga naglašen je i smer promene, da bi se utvrdila konzistentnost uticaja ribnjaka na

odgovarajući parametar. Kako na hidrološke parametre ispusne vode ribnjaka ne mogu direktno uticati, oni nisu obuhvaćeni analizom, dok je iz istih razloga od tipova supstrata obuhvaćena samo zastupljenost mulja.

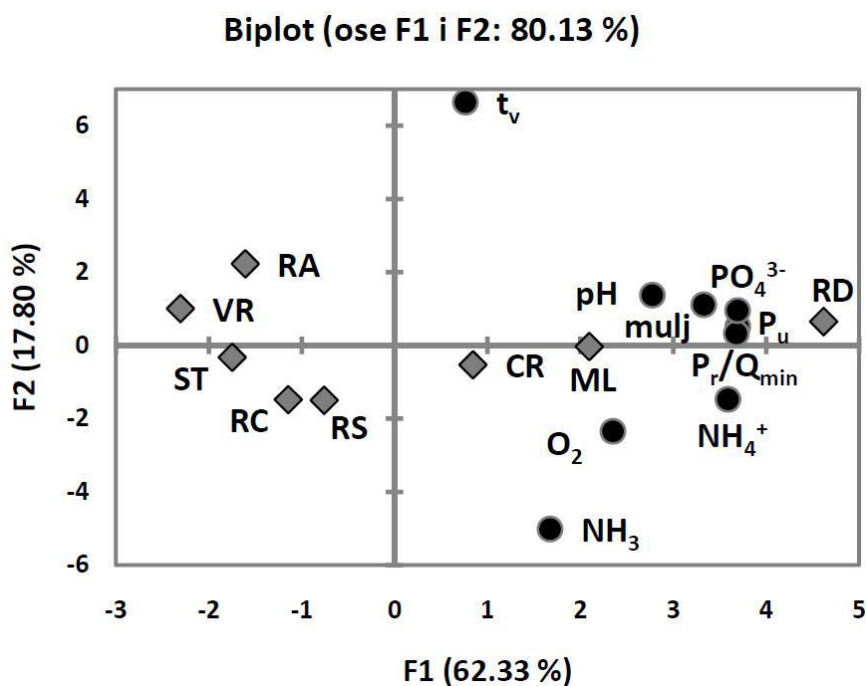
Iz Tabele 38 jasno se može videti da su najosetljiviji parametri (koji su se menjali pod uticajem ribnjaka) nagomilavanje mulja u podlozi, do kojeg dolazi u sedam od osam reka, i porast koncentracije nedisosvanog amonijaka, do kojeg dolazi u sedam od devet istraživačkih tekućica. Potom slede porast koncentracije NH_4^+ i pad koncentracije rastvorenog kiseonika koji se dešavaju u pet od devet reka, potom porast pH i koncentracije ortofosfata u 3 od 9 reka, porast t_v i ukupnih fosfata u dve od devet tekućica i na kraju porast NO_3^- jedino u reci Trešnjici.

Tabela 38. Sumarni prikaz hemijskih i fizičkih parametara po rekama. Postojanja statistički značajnih razlika ($P < 0,05$) u odnosu na odgovarajući parametar između lokaliteta neposredno uzvodno i nizvodno od ribnjaka (**da** – postoji statistički značajna razlika) kao i pravca promena na lokalitetu neposredno nizvodno u odnosu na lokalitet i neposredno uzvodno od ribnjaka (\uparrow - raste, \downarrow - opada, \approx - ne menja se).

Reka / Parametar	CR	ML	RČ	RD	RA	RŠ	ST	TR	VR
t_v	\uparrow	\uparrow	\approx	\uparrow	da	\uparrow	da	\uparrow	\uparrow
O_2	da \downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow
pH	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\approx	\approx
EP	\downarrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow
P_u	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	/	\uparrow
PO_4^{3-}	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	\approx	\uparrow
NH_4^+	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow
NH_3	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow
TV	\downarrow	\approx	\approx	\approx	\downarrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\approx
NO_3^-	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow
Cl^-	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow
SO_4^{2-}	\downarrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\approx
mulj	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	/	\uparrow

U odnosu na broj parametara koji su statistički značajno izmenjeni pod uticajem ribnjaka, reke se mogu poredati u sledećem opadajućem nizu: RD > ML > CR = RŠ > TR > RČ = ST > RA > VR, koji gotovo u potpunosti odgovara njihovom rasporedu na osnovu vrednosti P_r/Q_{min} . Odstupanje Rasine i Vrle može se pripisati nepredviđenim oscilacijama u produkciji ribe za koje je već rečeno da umanjuju validnost P_r/Q_{min} kao mere jačine delovanja pastrmskog ribnjaka.

U ovoj analizi jačine efekta uzet je u obzir samo kvalitativni karakter – ima ili nema promene odgovarajućeg parametra. Da bi se uzela u obzir i kvantitativna strana inteziteta delovanja ribnjaka, odnosno veličina promene i na osnovu toga klasifikovali ribnjaci, kao amplituda promene uzeta je razlika između vrednosti analiziranih parametara na nizvodnom lokalitetu najbližem ribnjaku i one na kontrolnom lokalitetu najbližem ribnjaku. Za analizu (pomoću analize glavnih komponenti, Slika 43) odabrani su samo oni abiotički faktori koje je karakterisala statistički značajna promena u najmanje dve reke.



Slika 43. PCA analiza amplituda promene odabranih abiotičkih parametara između lokaliteta neposredno nizvodno i neposredno uzvodno od ribnjaka na istraživanim vodotokovima (za značenje skraćenica videti poglavlje Materijal i metode).

U PCA amplituda promene odabranih abiotičkih parametara između lokaliteta neposredno nizvodno i neposredno uzvodno od ribnjaka na istraživanim vodotokovima,

zadržane su dve ose koje objašnjavaju 62,33% (F1) i 17,80% (F2) od ukupne varijabilnosti analiziranih podataka. Kao što se vidi, osa F1 objašnjava daleko više varijabilnosti, stoga će se prvenstveno koristiti za definisanje rasporeda ribnjaka u odnosu na jačinu njihovog dejstva na recipijent. Praktično svi odabrani parametri skoncentrisani su na pozitivnom kraju F1 ose, što znači da njihova amplituda, pa time i jačina efekta ribnjaka, vrlo koordinisano raste od negativnog ka pozitivnom kraju F1 ose. To znači da se ribnjaci prema amplitudi promene odabranih abiotičkih faktora mogu poredati gotovo u potpuno istom nizu kao i prema broju parametara koji se menjaju (Slika 43, Tabela 38), odnosno, sa porastom broja parametara koji se menjaju raste pravilno i brzina njihove promene.

Od veoma koncentrisanog grupisanja odabranih parametara odstupaju samo t_v i NH_3 . Na Slici 43 vidi se da promena koncentracije NH_4^+ prati pH, odnosno da je viša na kontrolnim lokalitetima na kojima je voda baznija. Kako je koncentracija NH_3 upravo srazmerna koncentraciji NH_4^+ i pH, to je ona višestruko viša na kontrolnim lokalitetima druge grupe vodotokova u odnosu na prvu. Stoga, proporcionalno mala promena NH_3 na ovim lokalitetima, koja zbog sezonske varijabilnosti nije statistički značajna, i dalje ima veliku amplitudu. Usled toga, koncentracija NH_3 , iako se najčešće statistički značajno menja pod uticajem ribnjaka (Tabela 38), pomera se ka negativnom kraju ose gde su smešteni vodotokovi iz druge grupe na osnovu malih amplituda promene ostalih parametara.

4.5. Rezultati ekološke analize

Za procenu uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa istraživanih brdsko-planinskih tekućica, odabrano je nekoliko različitih tipova indeksa odnosno metričkih osobina zajednica. Radi preglednijeg prikaza vrednosti analiziranih metričkih osobina na istraživanim rekama, rezultati su prikazani za svaku reku zasebno. Analizirani su: indeksi diverziteta, biotički indeksi, EPT zasnovani indeksi, trofički indeksi, indeks saprobnosti i RIZI indeks. Skaćenice indeksa korišćene u tabelama i na graficima su objašnjene u poglavlju 3.4. Kvalitet vode određen na osnovu biotičkih indeksa tumačen je prema kriterijumima navedenim u tabelama koje se nalaze u poglavlju 3.4.3.

4.5.1. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Raške

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Raškoj

Promene na nivou ukupnog diverziteta reke Raške nisu registrovane, ni u odnosu na ukupan broj vrsta, niti u odnosu na vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa (Tabela 39). Najvećim specijskim diverzitetom odlikuje se treći lokalitet ($R\check{S}3=29,86\pm 2,32$). Uzimajući u obzir diverzitet pojedinačnih grupa, nisu zabeležene statistički značajne razlike u vrednostima oba indeksa diverziteta u okviru EPT grupe (Tabela 39). Primetno je da broj EPT vrsta opada od drugog ($11,30\pm 1,60$) ka petom ($6,90\pm 0,80$) lokalitetu, između kojih je zabeležena statistički značajna razlika u brojnosti. Suprotno u odnosu na EPT grupu, registrovan je statistički značajan porast u broju vrsta oligoheta i hironomida na lokalitetima ispod ribnjaka, što se vidi i kroz vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa (Tabela 39).

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Raškoj

Kroz vrednosti FBI indeksa na istraživanim lokalitetima reke Raške jasno se može sagledati uticaj pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa. Na kontrolnim lokalitetima ($R\check{S}1$ i $R\check{S}2$), kvalitet vode je bio odličan do vrlo dobar, sa mogućim vrlo malim stepenom organskog zagađenja na prvom lokalitetu. Na lokalitetima ispod ribnjaka, uočava se statistički značajna razlika u vrednostima FBI indeksa u odnosu na vrednosti sa kontrolnih lokaliteta (Tabela 39). Kvalitet vode od trećeg ka četvrtom lokalitetu naglo se menja, ukazujući na to da je voda na ovom delu toka značajno do dosta značajno zagađena ($R\check{S}3=5,20\pm 0,20$; $R\check{S}4=5,80\pm 0,30$). Trend oporavka zajednica makrozoobentosa nije konstatovan, sagledavši vrednosti FBI indeksa na petom lokalitetu.

Iako manje osetljivi u odnosu na FBI indeks, vrednosti MBMWPPo, MBMWPar, MASPTpo i MASPTar indeksa statistički se značajno razlikuju između kontrolnih lokaliteta i lokaliteta nizvodno od ribnjaka. Nešto veću osetljivost pokazala su prva dva indeksa, MBMWPPo i MBMWPar. Zabeležena vrednost MBMWPPo indeksa na trećem lokalitetu ($67,00\pm 3,00$; Tabela 39) ukazuje da je kvalitet vode znatno izmenjen u ovom delu toka, odnosno, za dve klase niži u odnosu na kvalitet vode kontrolnih lokaliteta. Posmatrano na osnovu vrednosti MBMWPar indeksa, kvalitet

vode je na trećem lokalitetu za klasu bolji ($85,00 \pm 3,00$; Tabela 39), sa tendencijom opadanja ka nizvodnim lokalitetima (RŠ4 i RŠ5).

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Raškoj

Statistički značajan pad u relativnoj brojnosti EPT taksona primetan je na trećem lokalitetu ($30,68 \pm 5,70$; Tabela 39) ispod ispusne cevi ribnjaka, naročito u odnosu na drugi kontrolni lokalitet gde je zabeležena najveća brojnost (Tabela 39). Međutim, trend opadanja relativne brojnosti EPT taksona nastavlja se i na četvrtom i petom lokalitetu, da bi na petom ($10,43 \pm 2,43$; Tabela 39), ova zajednica zauzela najniže učešće u poređenju sa ostalim lokalitetima. Slična situacija je ako se posmatra apsolutna brojnost ove indikatorske grupe, s tom razlikom da je na četvrtom lokalitetu brojnost ($1689,14 \pm 370,12$; Tabela 39) bila veća u odnosu na treći lokalitet ($1332,43 \pm 265,88$; Tabela 39). U slučaju reke Raške, indeksi zasnovani na odnosu Baetida/Ephemeroptera, kao i odnosu Baetida/Baetidae+Haptagenidae su neinformativni, usled dominacije familije Baetidae na istraživanim lokalitetima, tako da statistički značajne razlike u njihovim vrednostima između lokaliteta nisu uočene. Usled male brojnosti taksona u okviru familije Hydropsychidae, indeks koji uzima u obzir odnos ove familije i ukupnih Trichoptera (Hyd/Tri) nije dao pouzdane rezultate, pa se s toga ne može koristiti kao efikasna mera za procenu uticaja pastrmskog ribnjaka na ove indikatorske grupe.

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Raškoj

Trofičke grupe osetljive na zagađenje organskog tipa različito su reagovale na lokalitetima reke Raške. Na lokalitetu ispod pastrmskog ribnjaka (RŠ3) zabeležen je statistički značajan pad u ukupnom učešću sekača ($5,18 \pm 1,64$), dok se na poslednjem lokalitetu uočava njihov oporavak, dostigavši približno iste vrednosti kao na prvom lokalitetu (Tabela 39, Slika 44). Na istim lokalitetima (RŠ3 – RŠ5) dolazi do pada brojnosti u učešću strugača, koji nije statistički značajan (Tabela 39). Učešće aktivnih i pasivnih sakupljača filtratora opada, odnosno raste na lokalitetu RŠ3 (Slika 44). Kod pasivnih sakupljača filtratora mogu se uočiti i statistički značajne razlike u učešću u odnosu na prvi lokalitet ($RŠ1=0,09 \pm 0,08$; $RŠ3=21,48 \pm 10,90$; Tabela 39) usled povećane brojnosti vrste *Simulium ornatum* na ovom lokalitetu. I sakupljači žeteoci i

ukupni sakupljači su na sličan način reagovali na uticaj pastrmskog ribnjaka. Zabeležen je porast u ukupnom učešću na lokalitetu RŠ3 i kod jedne i kod druge grupe, s tim da je on statistički značajan jedino u slučaju ukupnih sakupljača (54,14±6,27; Tabela 39).

Tabela 39. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Raške.

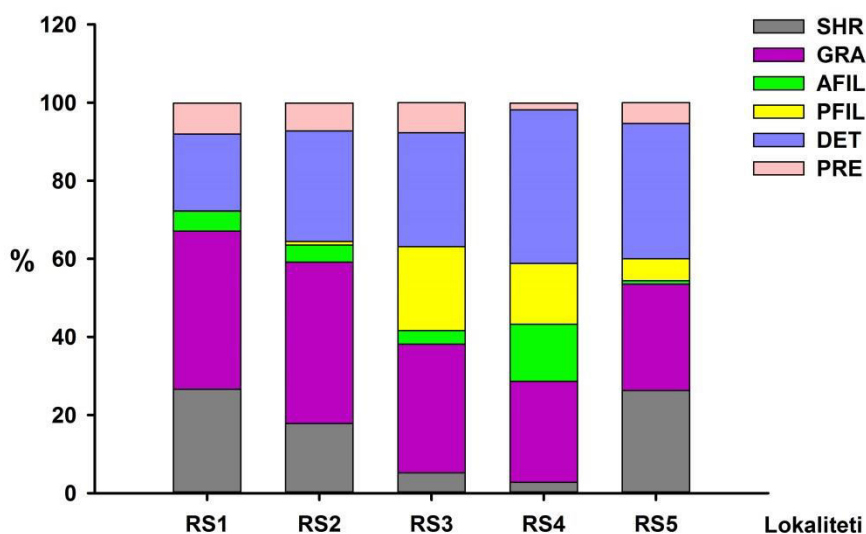
Kategorija indeksa/ Lokalitet	RŠ1	RŠ2	RŠ3	RŠ4	RŠ5
INDEKSI DIVERZITETA					
H uk	2,21±0,18	2,30±0,13	2,41±0,22	2,16±0,14	2,07±0,22
D uk	0,19±0,04	0,17±0,02	0,19±0,06	0,21±0,03	0,24±0,06
S uk	24,71±1,27	27,71±2,24	29,86±2,32	28,57±1,67	26,83±1,54
H EPT	1,63±0,10	1,61±0,20	1,60±0,13	1,49±0,08	1,56±0,04
H Chi	1,13±0,22	1,03±0,21 ^b	1,57±0,12 ^{b,c}	1,09±0,25	0,86±0,25 ^c
H Oli	0,35±0,15 ^a	0,39±0,15 ^b	0,93±0,19 ^{a,b}	0,65±0,12	0,79±0,16
D EPT	0,26±0,04	0,31±0,05	0,28±0,04	0,32±0,03	0,25±0,01
D Chi	0,44±0,09	0,47±0,11	0,35±0,07	0,55±0,11	0,62±0,11
D Oli	0,77±0,10 ^a	0,76±0,09 ^b	0,48±0,09 ^{a,b,c}	0,65±0,06 ^c	0,55±0,09
S EPT	8,10±0,70	11,30±1,60 ^b	9,00±1,10	8,70±0,80	6,90±0,80 ^b
S Chi	4,90±0,90 ^a	5,60±1,00 ^b	9,30±0,50 ^{a,b}	10,00±1,10 ^{a,b}	8,30±1,30 ^a
S Oli	1,60±0,40 ^a	1,70±0,40 ^b	4,00±1,00 ^a	3,40±0,50 ^{a,b}	3,80±0,50 ^{a,b}
BIOTIČKI INDEKSI					
FBI	4,20±0,10 ^a	3,60±0,30 ^b	5,20±0,20 ^{a,b}	5,80±0,30 ^{a,b}	5,30±0,30 ^{a,b}
MBMWPpo	84,00±4,00 ^a	98,00±7,00 ^b	67,00±3,00 ^{a,b}	71,00±3,00 ^{a,b}	60,00±9,00 ^{a,b}
MBMWPpar	99,00±5,00 ^a	120,00±9,00 ^b	85,00±3,00 ^{a,b}	81,00±4,00 ^{a,b}	81,00±9,00 ^b
MASPTpo	5,40±0,11 ^a	6,07±0,16 ^{a,b}	5,48±0,21 ^b	5,51±0,11 ^b	5,39±0,27
MASPTpar	5,87±0,09 ^a	6,72±0,14 ^{a,b}	6,18±0,17 ^b	5,81±0,09 ^b	5,99±0,21 ^b
EPT ZASNOVANI INDEKSI					
EPT rel	21,09±6,24 ^a	57,60±5,41 ^{a,b}	30,68±5,70 ^{b,c}	22,34±5,41 ^b	10,43±2,43 ^{b,c}
EPT ap	1024,86±215,95 ^a	3593,29±975,36 ^{a,b}	1332,43±265,88 ^{b,c}	1689,14±370,12 ^d	553,29±197,18 ^{b,c,d}
Bae/Eph	0,78±0,13	0,46±0,15	0,62±0,10	0,57±0,12	0,71±0,12
Bae/Hep+Bae	0,96±0,03	0,76±0,14	0,91±0,06	0,99±0,01	0,92±0,07
Hyd/Tri	0,01±0,01	0,07±0,04	0,09±0,08	0,08±0,08	0±0
TROFIČKI INDEKSI					
SHR/COLL	1,24±0,33	0,55±0,13	0,11±0,04	0,04±0,01	0,82±0,28
UFIL/DET	0,16±0,05	0,08±0,02	1,59±0,87	1,44±0,86	0,18±0,07
SHR	26,60±4,81 ^a	17,81±4,25 ^b	5,18±1,64 ^{a,b,c}	2,76±0,72 ^{a,b}	26,25±6,09 ^c
GRA	40,51±2,18	41,40±5,14	32,97±4,39	25,81±3,96	27,28±4,72
DET	19,70±1,92 ^a	28,25±3,94	29,16±4,32	39,32±5,53 ^a	34,61±3,79 ^a
COLL	24,86±2,52 ^a	33,53±3,40	54,14±6,27 ^a	69,58±4,07 ^a	41,13±5,23 ^a
PRE	7,88±2,34 ^a	7,14±1,33 ^b	7,70±1,19 ^c	1,70±0,38 ^{a,b,c}	5,34±1,92
Indeks saprobnosti po Z&M	1,54±0,04 ^a	1,70±0,06 ^{a,b}	1,95±0,08 ^{a,b,c}	2,25±0,11 ^{a,b,c,d}	1,72±0,05 ^{a,c,d}
RIZI indeks	3,88±0,15 ^a	3,88±0,17 ^b	4,40±0,05 ^{a,b,c}	4,63±0,04 ^{a,b,c,d}	4,05±0,10 ^{c,d}

Delimičan oporavak zajednice makrozoobentosa može se konstatovati na petom lokalitetu, usled smanjenog učešća ukupnih sakupljača, ali i ne u slučaju sakupljača žetelaca gde je zabeležen porast u njihovoj brojnosti na nizvodnim lokalitetima. SCH/COLL indeks pokazao je izuzetnu osetljivost, čije su vrednosti nizvodno od pastrmskog ribnjaka naglo opale do vrednosti manjih od 0,25, što predstavlja donju granicu za normalnu letnju i jesenju zajednicu sekača (Tabela 39). S druge strane, drugi indeks koji uključuje odnos grupe filtratora (UFIL/DET) nije pokazao osetljivost (Tabela 39). Učešće predatora na prva dva kontrolna lokaliteta (RŠ1 i RŠ2) i trećem bilo je približno isto, da bi na četvrtom lokalitetu njihova brojnost statistički značajno opala ($1,70 \pm 0,38$; Tabela 39).

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Raškoj

Saprobioška analiza dela toka reke Raške ukazuje da se kvalitet vode na kontrolnim lokalitetima svrstava u I klasu ekološkog statusa za tip vodotoka 4.

Usled statistički značajnog porasta indeksa saprobnosti na lokalitetu ispod ribnjaka (Tabela 39), kvalitet vode na ovom delu toka Raške opada, pripada II klasi ekološkog statusa za dati tip vodotoka, tj. beta-mezosaprobnoj saprobioškoj zoni. Najveći uticaj ribnjaka ogleda se na četvrtom lokalitetu, sa statistički značajnim porastom indeksa saprobnosti u odnosu na sva četiri lokaliteta (Tabela 39), ukazujući na najlošiji kvalitet vode koji pripada beta do alfa-mezosaprobnoj zoni, odnosno II klasi ekološkog statusa.



Slika 44. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Raške.

f) Vrednost RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Raškoj

Preračunavanjem RIZI indeksa, konstatovano je da celu dužinu istraživanog dela toka reke Raške, na osnovu sastava zajednica makorinvertebrata, određuje metaritralna zona. Iako u smislu longitudinalnih zona nema promena, statistički značajan porast u vrednosti ovog indeksa konstatovan je na lokalitetu ispod ribnjaka ($4,40 \pm 0,05$; Tabela 39) i sledećem lokalitetu nizvodno, gde je izračunata najveća vrednost ovog indeksa ($4,63 \pm 0,04$; Tabela 39). To ukazuje da se sastav zajednica makrozoobentosa izmenio od kontrolnih lokaliteta ka nizvodnim, kao posledica organskog opterećenja poreklom sa ribnjaka.

4.5.2. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Rasine

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Rasini

Reku Rasinu karakteriše najveći specijski diverzitet sa 124 determinisane vrste iz različitih taksonomskih grupa (videti poglavlje 4.1.2). Na nivou ukupnog diverziteta, statistički značajne promene u vrednostima Šenonovog i Simpsonovog indeksa nisu zabeležene (Tabela 40). Na nivou EPT grupe, vrednosti oba indeksa diverziteta se nisu značajno menjala duž istraživanih lokaliteta. Statistički značajan pad diverziteta u okviru ove grupe može se uočiti jedino na petom lokalitetu (Tabela 40). U slučaju zajednice hironomida, najveći broj vrsta odlikuje treći i četvrti lokalitet, što utiče na statistički značajan porast Šenonovog indeksa diverziteta na oba lokaliteta ($1,98 \pm 0,14$ na RA3 i $1,92 \pm 0,10$ na RA4, Tabela 40). Pošto je u okviru klase Oligochaeta registrovan mali broj vrsta, Šenonov i Simpsonov indeks za ovu grupu nisu urađeni. Samo na drugom lokalitetu se može uočiti statistički značajan pad u broju vrsta oligoheta u odnosu na prvi lokalitet.

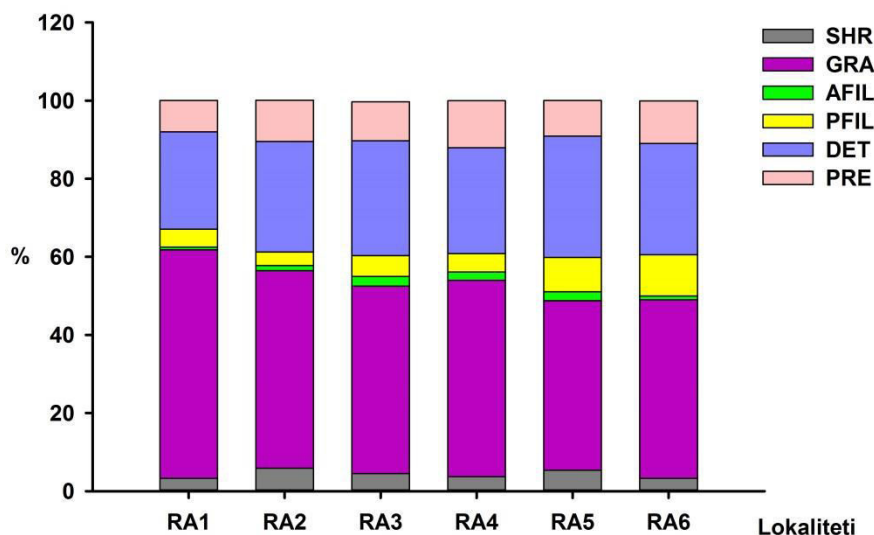
b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Rasini

I u slučaju reke Rasine, kao najosetljiviji biotički indeks, pokazao se upravo FBI indeks. Od trećeg lokaliteta, lociranog u neposrednoj blizini ispusne cevi ribnjaka, vrednost ovog indeksa statistički značajno raste ($RA3=4,46 \pm 0,15$; Tabela 40) u poređenju sa kontrolnim lokalitetima ($RA1=3,94 \pm 0,06$; $RA2=3,93 \pm 0,18$, Tabela 40).

FBI indeks je jasno izdvojio kontrolne lokalitete koje odlikuje odličan kvalitet vode (bez registrovanog organskog zagađenja) od lokaliteta nizvodno, koje odlikuje dobar kvalitet vode, sa umerenim organskim zagađenjem. Modifikovane verzije BMWP i ASPT indeksa nisu pokazale osetljivost (Tabela 40). Statistički značajne razlike u vrednostima ovih indeksa vezane su samo za peti lokalitet, koga odlikuju najniže vrednosti sva četiri indeksa (Tabela 40). Rezultati dobijeni upotrebom ovih indeksa, ukazuju da je kvalitet vode duž istraživanih lokaliteta reke Rasine veoma dobrog kvaliteta.

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Rasini

Statistički značajne promene u vrednostima skoro svih indeksa zasnovanih na EPT zajednicama, na istraživanim lokalitetima reke Rasine, nisu primetne (Tabela 40). Izuzetak predstavlja jedino EPT rel indeks čije vrednosti statistički značajno opadaju na trećem ($53,84 \pm 5,56$), petom – najznačajnije opadanje, gde je i najniža kako relativna, tako i apsolutna brojnost ove grupe ($39,19 \pm 4,03$; odnosno $1922,14 \pm 659,78$) i šestom lokalitetu ($50,30 \pm 3,19$) (Tabela 40). Na šestom lokalitetu zabeležene su i najniže vrednosti Bae/Eph ($0,36 \pm 0,08$) i Bae/Bae+Hep ($0,40 \pm 0,10$) indeksa, dok je na istom lokalitetu, indeks zasnovan na trihopterama (Hyd/Tri) dostigao najvišu vrednost ($0,63 \pm 0,09$; Tabela 40).



Slika 45. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Rasine.

Tabela 40. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Rasine.

Kategorija indeksa/ Lokalitet	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6
INDEKSI DIVERZITETA						
H uk	2,83±0,11	2,82±0,12	3,00±0,12	2,84±0,09	2,82±0,07	3,07±0,05
D uk	0,11±0,02	0,11±0,02	0,09±0,01	0,11±0,01	0,10±0,01	0,07±0,01
S uk	41,71±0,78	38,71±2,08 ^b	47,43±2,52 ^b	45,14±2,83	38,14±4,70	43,14±2,35
H EPT	2,18±0,07	2,21±0,13	2,17±0,12	2,14±0,10	2,00±0,16	2,33±0,08
H Chi	1,56±0,11 ^a	1,39±0,12 ^b	1,98±0,14 ^{a,b}	1,92±0,10 ^{a,b}	1,77±0,11	1,62±0,17 ^b
H Oli	—	—	—	—	—	—
D EPT	0,18±0,02	0,18±0,04	0,17±0,02	0,18±0,02	0,20±0,03	0,14±0,01
D Chi	0,31±0,03 ^a	0,36±0,04 ^b	0,22±0,02 ^{a,b}	0,22±0,04 ^b	0,26±0,03	0,31±0,05
D Oli	—	—	—	—	—	—
S EPT	20,00±1,46 ^a	19,71±1,49 ^b	19,29±1,51 ^c	19,14±1,81 ^d	13,29±1,64 ^{a,b,c,d,e}	18,57±1,46 ^e
S Chi	8,71±0,75 ^a	8,29±1,43 ^b	16,57±1,91 ^{a,b,c}	13,71±0,94 ^{a,b,c}	13,71±2,11	11,57±1,07 ^{a,c}
S Oli	1,71±0,36 ^a	0,43±0,30 ^a	1,14±0,34	1,71±0,52	1,57±0,69	1,29±0,42
BIOTIČKI INDEKSI						
FBI	3,94±0,06 ^a	3,93±0,18 ^b	4,46±0,15 ^{a,b}	4,28±0,19	4,86±0,14 ^{a,b}	4,45±0,15 ^{a,b}
MBMWPpo	159,29±8,97	158,37±9,27	160,63±5,52	155,36±11,40	126,91±13,04	156,84±13,37
MBMWPar	171,50±9,33 ^a	169,49±9,55	171,41±5,54	161,47±10,68	135,39±13,52 ^a	162,80±12,91
MASPTpo	7,58±0,12 ^a	7,42±0,11	7,54±0,06 ^c	7,56±0,05 ^d	7,12±0,13 ^{a,c,d}	7,31±0,16
MASPTar	8,16±0,11 ^a	7,95±0,10	8,05±0,05 ^c	7,89±0,14	7,61±0,13 ^{a,c}	7,63±0,19 ^a
EPT ZASNOVANI INDEKSI						
EPT rel	69,86±4,89 ^a	67,19±4,77 ^b	53,84±5,56 ^{a,b}	55,14±8,37	39,19±4,03 ^{a,b}	50,30±3,19 ^{a,b}
EPT ap	4787,71±1482,00	3086,14±653,11	4293,57±1509,22	3962,29±1230,66	1922,14±659,78	2709,29±602,73
Bae/Eph	0,41±0,06	0,45±0,10	0,48±0,10	0,47±0,10	0,45±0,12	0,36±0,08
Bae/Hep+Bae	0,42±0,06	0,49±0,11	0,54±0,11	0,50±0,10	0,52±0,14	0,40±0,10
Hyd/Tri	0,48±0,08	0,41±0,12	0,43±0,10	0,43±0,09	0,57±0,08	0,63±0,09
TROFIČKI INDEKSI						
SHR/COLL	0,12±0,03	0,20±0,06	0,13±0,05	0,11±0,038	0,13±0,03	0,09±0,03
UFIL/DET	0,21±0,04	0,17±0,05	0,26±0,05	0,25±0,04	0,42±0,13	0,42±0,13
SHR	3,32±0,81	5,87±1,78	4,47±1,52	3,71±1,23	5,36±1,09	3,31±1,06
GRA	58,47±2,61 ^a	50,58±4,17	48,05±3,34 ^a	50,32±3,51	43,38±2,96 ^a	45,66±3,18 ^a
DET	24,91±1,82	28,31±3,11	29,40±2,64	27,12±2,39	31,03±3,10	28,49±1,07
COLL	30,20±2,45 ^a	33,09±3,80	37,20±3,94	33,93±3,28	42,15±3,30 ^a	40,05±3,13 ^a
PRE	8,02±1,52	10,55±1,18	9,96±1,18	12,02±1,50	9,14±1,92	10,89±1,52
Indeks saprobnosti po Z&M	1,55±0,06 ^a	1,64±0,06 ^b	1,72±0,05	1,70±0,05	1,82±0,03 ^{a,b,e}	1,65±0,03 ^e
RIZI	3,96±0,08 ^a	4,03±0,04 ^b	4,20±0,07 ^{a,b}	4,11±0,05	4,28±0,08 ^{a,b}	4,13±0,07

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Rasini

Vrednosti trofičkih indeksa na istraživanom delu toka reke Rasine pokazuju izuzetno malu osetljivost. Jedino se u slučaju strugača može uočiti statistički značajan pad u njihovoj relativnoj brojnosti u odnosu na kontrolni lokalitet (Tabela 40), kao i porast sakupljača žetelaca na istom lokalitetu, koji nije bio statistički značajan (Slika 45). Najveći udeo u trofičkoj zajednici makrozoobentosa zauzeli su strugači (Slika 45). Statistički značajna razlika u učešću ukupnih sakupljača primetna je samo između prvog kontrolnog lokaliteta ($RA1=30,20\pm 2,45$) i petog ($RA5=40,05\pm 3,13$; Tabela 40). Shodno maloj osetljivost ovih trofičkih grupa, indeksi bazirani na njihovom odnosu (SHR/COLL i UFIL/DET) takođe nisu pogodni za procenu uticaja pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa reke Rasine. Statistički značajan pad relativne brojnosti predatora registrovan je na petom lokalitetu u odnosu na prva tri lokaliteta (Tabela 40).

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Rasini

Rezultati saprobiološke analize ukazuju da kvalitet vode na prva dva kontrolna lokaliteta reke Rasine odgovara oligosaprobnosti do beta-mezosaprobnosti zoni, svrstavajući je u okviru I klase ekološkog statusa, za tip vodotoka 4 (prema važećem Pravilniku "Službeni glasnik", br. 74/2011). Na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (RA3, RA4, RA5 do lokaliteta RA6), vrednosti indeksa saprobnosti rastu, ovaj deo toka i dalje ostaje u istoj saprobiološkoj zoni, ali pripada II klasi ekološkog statusa za odgovarajući tip vodotoka. Statistički značajan porast indeksa saprobnosti zabeležen je na petom lokalitetu ($1,82\pm 0,03$; Tabela 40), u odnosu na prva dva lokaliteta i poslednji lokalitet tako da Rasina u ovom delu toka pripada beta-mezosaprobnosti zoni. Na šestom, poslednjem lokalitetu, vrednosti indeksa saprobnosti opadaju i postaju približne vrednostima na drugom lokalitetu ($1,65\pm 0,03$; Tabela 40).

f) Vrednosti RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Rasini

Uniformnost zajednica makrozoobentosa duž istraživanih lokaliteta reke Rasine, može se sagledati kroz vrednost RIZI indeksa. Iako su zabeležene statistički značajne razlike u vrednostima ovog indeksa između kontrolnih lokaliteta (gde su one niže) i pojedinih lokaliteta nizvodno (RA3 i RA5, Tabela 40), sastav zajednica

makrozoobentosa na ovom delu toka reke Rasine oslikava metaritrnalnu zonu. Kao u slučaju indeksa saprobnosti, na petom lokalitetu su zabeležene najviše vrednosti RIZI indeksa ($4,28 \pm 0,08$, Tabela 40), koje zbog same udaljenosti ribnjaka, najverovatnije nisu posledica njegovog uticaja.

4.5.3. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka Radovanske reke

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u Radovanskoj reci

U odnosu na kontrolni lokalitet na Radovanskoj reci, statistički značajan porast diveziteta zabeležen je kako na lokalitetu ispod ribnjaka (RD2; Tabela 41), tako i na drugim nizvodnim lokalitetima. U Tabeli 41 date su vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa i ukupnog bogatstva vrsta koje oslikavaju promene u diverzitetu na istraživanim lokalitetima. Na drugom i četvrtom lokalitetu zabeležene su najviše/najniže vrednosti indeksa diverziteta i najveći broj registrovanih vrsta (Tabela 41). Najveći broj vrsta oligoheta i hironomida konstatovano je upravo na drugom lokalitetu, ispod ribnjaka, što se i vidi kroz vrednosti indeksa diverziteta. Od drugog ka četvrtom lokalitetu, broj vrsta ove dve grupe statistički značajno opada. Međutim, razlog i dalje visokog ukupnog diverziteta na lokalitetima nizvodno jeste statistički značajan porast broja vrsta u okviru EPT grupe, u okviru kojih je, u poređenju sa zajednicama oligoheta i hironomida, registrovan najveći broj vrsta.

b) Vrednosti biotičkih indeska makrozoobentosa u Radovanskoj reci

Na osnovu rezultata FBI indeksa, najlošiji kvalitet vode na Radovanskoj reci konstatovan je na drugom lokalitetu. Vrednost od $5,89 \pm 0,21$ (Tabela 41) ukazuje na znatno loš kvalitet vode i značajno organsko zagađenje na ovom lokalitetu, koje evidentno vodi poreklo od ribnjaka. Statistički značajne razlike u vrednostima FBI indeksa uočljive su između drugog lokaliteta i svih ostalih (Tabela 41). Na lokalitetima nizvodno, dolazi do postepenog snižavanja vrednosti FBI indeksa, ukazujući na oporavak zajednica makrozoobentosa, longitudinalno.

Sva četiri biotička indeksa: MBMWP_{po}, MBMWP_{ar}, MASPT_{po} i MASPT_{ar} ne pokazuju osetljivost zajednica makrozobentosa na uticaj ribnjaka. Naime, vrednosti

ovih indeksa na drugom lokalitetu (redom: $141,98 \pm 6,79$; $140,23 \pm 7,45$; $6,48 \pm 0,16$; $6,47 \pm 0,27$, Tabela 41) daju jasnu sliku o veoma dobrom kvalitetu vode. Na lokalitetima nizvodno, vrednosti sva četiri indeksa statistički značajno rastu. Pritom, ASPT indeksi su u neku ruku osetljiviji, jer se njihove vrednosti na drugom lokalitetu, nalaze na samoj granici čistih voda (videti poglavlje 3.4.3, Tabela 11). Na osnovu manjeg broja zabeleženih taksona na prvom lokalitetu (Tabela 19), odlikuju ga najniže vrednosti MBMWP_{po} i MBMWP_{par} indeksa, ukazujući da je kvalitet vode na ovom lokalitetu najlošijeg kvaliteta. To se kosi sa rezultatima FBI indeksa, koji ovaj lokalitet tretira kao lokalitet sa najboljim kvalitetom vode.

c) Vrednosti EPT zasnovani indeksi makrozoobentosa u Radovanskoj reci

Indeksi zasnovani na apsolutnoj i relativnoj brojnosti EPT takosna, na osnovu vrednosti na drugom lokalitetu Radovanske reke, pokazuju značajne uticaje pastrmskog ribnjaka na njihove zajednice. Na RD2 lokalitetu zabeležen je statistički značajan pad u vrednostima oba indeksa ($4,34 \pm 1,29$; odnosno $1299,57 \pm 752,71$, Tabela 41), u odnosu na kontrolni lokalitet i lokalitete nizvodno (Tabela 41). Nagli porast vrednosti oba indeksa, uočljiv je već na trećem lokalitetu, što govori o brzom oporavku ove osetljive zajednice. Indeksi koji uključuju familije Baetidae i Heptagenidae i ukupne efemeroptera (Bae/Eph, Bae/Bae+Hep), nisu se pokazali kao efikasni u proceni uticaja pastrmskog ribnjaka na njihove zajednice. Statistički značajne razlike u vrednostima ovih indeksa mogu se uočiti samo u odnosu na kontrolni lokalitet (RD1, Tabela 41). Takođe, indeks zasnovan na trihopterama (Hyd/Tri) nije pokazao osetljivost, statistički značajan pad u njegovoj vrednosti u odnosu na lokalitete nizvodno, registrovan je na lokalitetu ispod ribnjaka ($0,08 \pm 0,06$ na RD2; Tabela 41). Uzimajući u obzir da su predstavnici familije Hydropsychidae manje osetljivi na organski tip zagađenja, očekivan je drugačiji trend.

Tabela 41. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima Radovanske reke.

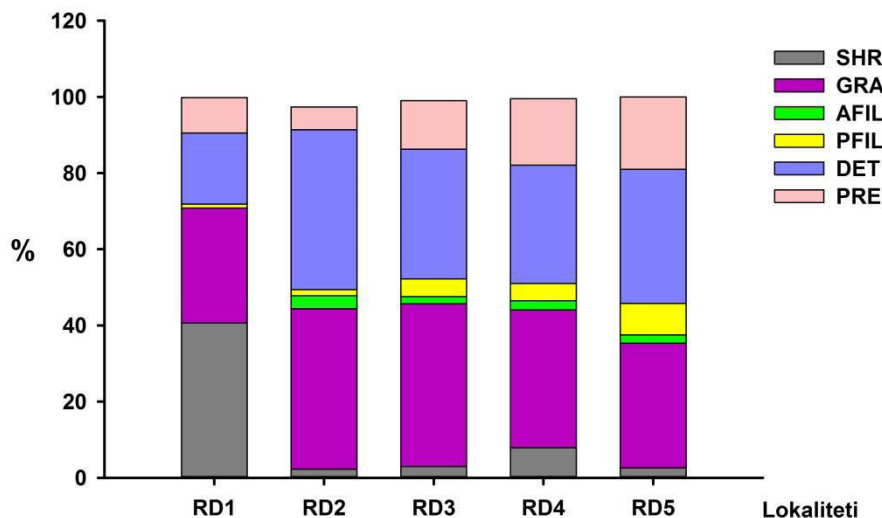
Kategorija indeksa/ Lokalitet	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5
INDEKSI DIVERZITETA					
H uk	1,35±0,24 ^a	2,65±0,17 ^a	2,48±0,11 ^{a,c}	3,03±0,07 ^{a,c}	2,86±0,11 ^a
D uk	0,48±0,08 ^a	0,15±0,03 ^a	0,18±0,03 ^{a,c}	0,08±0,01 ^{a,c}	0,11±0,03 ^a
S uk	21,14±2,14 ^a	48,00±2,27 ^{a,b}	44,57±3,65 ^a	51,00±2,56 ^{a,d}	41,43±1,54 ^{a,b,d}
H EPT	1,36±0,12 ^a	1,97±0,04 ^{a,b}	1,86±0,09 ^{a,c}	2,42±0,04 ^{a,b,c}	2,29±0,06 ^{a,b,c}
H Chi	0,84±0,20 ^a	2,07±0,14 ^{a,b}	1,37±0,15 ^{b,c}	1,75±0,06 ^{a,b,c}	1,40±0,11 ^{a,b}
H Oli	0,76±0,07 ^a	1,35±0,18 ^{a,b}	0,98±0,21	0,92±0,23	0,66±0,20 ^b
D EPT	0,39±0,04 ^a	0,17±0,01 ^{a,b}	0,25±0,03 ^{a,c}	0,13±0,01 ^{a,b,c}	0,14±0,01 ^{a,c}
D Chi	0,54±0,10 ^a	0,20±0,03 ^{a,b}	0,39±0,06 ^{b,c}	0,22±0,02 ^{a,c}	0,33±0,05 ^b
D Oli	0,47±0,03	0,35±0,06 ^b	0,49±0,11	0,53±0,12	0,62±0,11 ^b
S EPT	8,57±1,11 ^a	10,71±1,02 ^b	15,71±1,82 ^{a,b}	22,43±1,23 ^{a,b}	17,00±0,82 ^{a,b}
S Chi	3,29±0,64 ^a	17,00±0,87 ^{a,b}	11,00±0,93 ^{a,b,c}	11,29±0,71 ^{a,b,d}	8,43±0,69 ^{a,b,c,d}
S Oli	2,29±0,18 ^a	7,00±1,00 ^{a,b}	4,14±0,77 ^{a,b}	4,00±0,76 ^{a,b}	2,43±0,57 ^b
BIOTIČKI INDEKSI					
FBI	3,74±0,15 ^a	5,89±0,21 ^{a,b}	5,06±0,20 ^{a,b}	4,63±0,25 ^{a,b}	4,71±0,17 ^{a,b}
MBMWPpo	96,91±11,49 ^a	141,99±6,79 ^{a,b}	158,34±12,73 ^a	192,51±10,74 ^{a,b}	172,46±10,21 ^{a,b}
MBMWPpar	104,31±12,36 ^a	140,23±7,45 ^{a,b}	163,83±13,59 ^a	199,49±9,49 ^{a,b}	174,01±10,64 ^{a,b}
MASPTpo	6,96±0,15 ^a	6,48±0,16 ^{a,b}	6,98±0,14 ^{b,c}	7,34±0,07 ^{a,b,c}	7,30±0,09 ^b
MASPTar	7,44±0,19 ^a	6,47±0,27 ^{a,b}	7,26±0,20 ^b	7,66±0,12 ^b	7,69±0,10 ^b
EPT ZASNOVANI INDEKSI					
EPT rel	24,63±6,97 ^a	4,34±1,29 ^{a,b}	21,20±4,33 ^{b,c}	39,55±6,46 ^{b,c}	27,72±4,23 ^b
EPT ap	1077,29±233,26 ^a	1299,57±752,71 ^b	3116,29±717,97 ^{a,b,c}	3984,14±689,22 ^{a,b,d}	1755,29±299,28 ^{c,d}
Bae/Eph	0,31±0,12 ^a	0,67±0,09 ^a	0,44±0,12	0,54±0,07	0,50±0,10
Bae/Hep+Bae	0,31±0,12 ^a	0,74±0,10 ^a	0,62±0,12	0,74±0,07 ^a	0,68±0,11 ^a
Hyd/Tri	0±0 ^a	0,08±0,06 ^b	0,47±0,12 ^{a,b}	0,33±0,08 ^{a,b}	0,33±0,09 ^{a,b}
TROFIČKI INDEKSI					
SHR/COLL	2,12±0,24 ^a	0,05±0,02 ^{a,b}	0,08±0,02 ^{a,c}	0,22±0,05 ^{a,b,c,d}	0,06±0,02 ^{a,d}
UFIL/DET	0,06±0,03 ^a	0,12±0,03	0,24±0,09	0,27±0,09 ^a	0,36±0,12 ^a
SHR	40,60±3,83 ^a	2,27±0,64 ^{a,b}	2,94±0,87 ^{a,c}	7,87±1,52 ^{a,b,c,d}	2,60±0,66 ^{a,d}
GRA	30,20±3,73 ^a	42,06±4,90	42,72±3,08 ^{a,c}	36,16±1,80	32,68±2,49 ^c
DET	18,60±0,77 ^a	41,99±2,99 ^{a,b}	34,05±3,73 ^a	31,11±3,21 ^{a,b}	35,22±4,03 ^a
COLL	19,68±1,16 ^a	47,05±3,33 ^{a,b}	40,62±3,04 ^a	38,08±2,42 ^{a,b}	45,68±2,55 ^a
PRE	9,33±0,36 ^a	5,96±2,08 ^b	12,75±2,77 ^b	17,45±2,29 ^{a,b}	19,03±1,91 ^{a,b}
Indeks saprobnosti po Z&M	1,28±0,07 ^a	2,15±0,12 ^{a,b}	1,90±0,04 ^a	1,75±0,06 ^{a,b}	1,77±0,06 ^{a,b}
RIZI	3,42±0,19 ^a	4,23±0,22 ^{a,b}	4,15±0,16 ^a	4,00±0,17 ^{a,b}	3,99±0,10 ^a

d) Vrednosti Trofički indeksi makrozoobentosa u Radovanskoj reci

Učešće dve osetljive trofičke grupe, koje podrazumevaju sekače i strugače, pokazale su različiti nivo osetljivosti na uticaj pastrmskog ribnjaka na Radovanskoj reci. Statistički značajna razlika u naglom padu brojnosti sekača konstatovan je na lokalitetu ispod pastrmskog ribnjaka ($2,27 \pm 0,64$; Tabela 41), što potvrđuje osetljivost ove trofičke grupe. Obrnuta situacija zabeležena je u slučaju strugača. Udeo ukupnih sakupljača na drugom lokalitetu statistički značajno raste (Slika 46). Posmatrajući pojedinačne grupe sakupljača filtratora, uočava se da na lokalitetu ispod ribnjaka njihovo učešće raste (statistički značajno kod AFIL sa vrednošću $3,43 \pm 0,89$), sa tendencijom da vrednosti na nizvodnim lokalitetima u slučaju AFIL opadaju, a u slučaju PFIL rastu. Najveća zastupljenost sakupljača žetelaca registrovana je na drugom lokalitetu (Slika 46), potvrđujući još jednom da je ova trofička grupa pokazala izuzetnu osetljivost na efekte organskog zagađenja poreklom sa ribnjaka. Indeks koji podrazumeva odnos sekača naspram ukupnih sakupljača niže vrednosti beleži na drugom lokalitetu ($0,05 \pm 0,02$; Tabela 41). Malu osetljivost pokazao je indeks baziran na odnosu sakupljača filtratora i sakupljača žetelaca čije su vrednosti bile niže na kontrolnom lokalitetu ($0,06 \pm 0,03$; Tabela 41). Učešće predatora duž istraživanih lokaliteta je značajno variralo, tako da i ova trofička grupa, u slučaju Radovanske reke, ne može biti pozdan indikator.

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u Radovanskoj reci

Jasan uticaj pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa može se sagledati kroz statistički značajan porast indeksa saprobnosti na lokalitetu neposredno ispod pastrmskog ribnjaka. Na referentnom lokalitetu (RD1) voda je izuzetnog kvaliteta, odgovara oligosaprobnjoj saprobiološkoj zoni, odnosno I klasi ekološkog statusa za tip vodotoka 6 (prema važećem Pravilniku "Službeni glasnik", br. 74/2011). Na drugom lokalitetu, kvalitet vode odgovara beta-mezosaprobnjoj zoni, odnosno nalazi se na granici između II i III klase ekološkog statusa za dati tip vodotoka. Pad indeksa saprobnosti odlikuje nizvodne lokalitete, sa statističkom značajnošću na lokalitetima RD4 ($1,75 \pm 0,06$) i RD5 ($1,77 \pm 0,06$) u odnosu na drugi lokalitet. Ove promene oslikavaju oporavak zajednice makroinvertebrata na ovom delu toka.



Slika 46. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima Radovanske reke.

f) Vrednosti RIZI indeks makrozoobentosa u Radovanskoj reci

Na lokalitetima Radovanske reke, na osnovu dobijenih vrednosti RIZI indeksa, zajednice makrozoobentosa vezane su za dve longitudinalne zone. Na prvom lokalitetu, gde je zabeležena statistički značajno niža vrednost indeksa ($3,42 \pm 0,19$; Tabela 41) u odnosu na lokalitete nizvodno, sastav zajednica organizama makrozoobentosa oslikava epiritralnu zonu. Već od drugog lokaliteta, ispod ribnjaka, dolazi do "pomeranja" zajednice epiritrala ka bentofauni metaritalne zone, kao odgovor na povećanu koncentraciju organskih materija poreklom od ribnjaka. Vrednost indeksa od trećeg ka petom lokalitetu opada, dolazi do oporavka zajednice, koja na osnovu njenog sastava i dalje predstavlja zonu metaritala.

4.5.4. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Vrle

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Vrli

Rezultati Šenonovog i Simpsonovog indeksa ne ukazuju na statistički značajne promene u ukupnom diverzitetu zajednica makrozoobentosa duž istraživanih lokaliteta reke Vrle (Tabela 42). Na nivou diverziteta tri indikatorske grupe, efekti diverziteta se mogu uočiti na primeru EPT zajednica. Statistički značajan porast Šenonovog indeksa

diverziteta (H EPT) zabeležen je na skoro svim lokalitetima nizvodno od ribnjaka (Tabela 42), u odnosu na prvi, kontrolni lokalitet ($1,80 \pm 0,14$; Tabela 42). U slučaju Simpsonovog indeksa dominantnosti (D EPT), statistički značajan pad u vrednostima ovog indeksa registrovan je na petom lokalitetu ($0,16 \pm 0,01$; Tabela 42), ukazujući na značajan porast diverziteta EPT taksona na ovom lokalitetu, u odnosu na kontrolne. U odnosu na ukupan broj pronađenih EPT vrsta, većih promena između lokaliteta nema, s tim da je najveći broj zabeležen na četvrtom lokalitetu (Tabela 42). Sa stanovišta zajednice hironomida, nisu uočene statistički značajne razlike niti u vrednostima indeksa diverziteta, niti po ukupnom broju vrsta (Tabela 42). Usled malog broja determinisanih taksona, oligohete nisu dale doprinos ukupnom diverzitetu.

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Vrli

Na istraživanim lokalitetima reke Vrle, vrednosti FBI indeksa pružaju informaciju da je do umerenog organskog zagađenja došlo na lokalitetu nizvodno od ribnjaka, na kom je uočen statistički značajan porast u vrednosti FBI indeksa ($VR3=4,30 \pm 0,16$; Tabela 42) u odnosu na kontrolne lokalitete ($VR1=4,00 \pm 0,04$ i $VR2=3,96 \pm 0,06$; Tabela 42). Međutim, bez obzira na umereni intezitet organskog zagađenja, kvalitet vode na ovom delu toka reke Vrle je vrlo dobar. MBMWPPo i MBMWPar indeksi su pokazali nešto veću osetljivost u odnosu na MASPTpo i MASPTar indekse. Prva grupa indeksa je pokazala da dolazi do pada njihove vrednosti na lokalitetima ispod ribnjaka i da se takav trend nastavlja nizvodno (Tabela 42). Međutim, u odnosu na dobijene visoke vrednosti za sva četiri tipa indeksa, zaključuje se da je kvalitet reke Vrle duž istraživanih lokaliteta veoma dobrog kvaliteta. U slučaju reke Vrle, FBI indeks se pokazao kao efikasniji u cilju detekcije i minimalnog organskog zagađenja na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka.

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Vrli

Vrednosti oba EPT indeksa (EPT rel i EPT ab) ne ukazuju na bitne promene duž istraživanih lokaliteta reke Vrle (Tabela 42). Na trećem lokalitetu zabeležena je nešto niža vrednost relativne brojnosti EPT taksona, ali ona nije statistički značajna ($42,49 \pm 3,20$; Tabela 42). Najveća vrednost EPT ap indeksa dostignuta je na prvom lokalitetu ($2096,29 \pm 483,94$; Tabela 42), koja se statistički značajno razlikuje u odnosu

na najniže zabeležene vrednosti ovog indeksa, na petom i šestom lokalitetu. Oba indeksa, koja ukazuju na potencijalno prisustvo većeg udela familije Baetidae u odnosu na ukupne efemeroptere (Bae/Eph) ili familije Heptagenidae (Bae/Bae+Hep), jasno ukazuju na visoko učešće ove familije u obrazovanju zajednica Ephemeroptera. Međutim, vrednosti oba indeksa duž lokaliteta su ujednačene (Tabela 42). Statistički značajne razlike u vrednostima Hyd/Tri indeksa uočljive su samo između petog ($0,57 \pm 0,04$; Tabela 42) i prvog lokaliteta ($0,31 \pm 0,08$; Tabela 42), sa stanovišta uticaja ribnjaka na zajednice trihoptera, u ovom slučaju, nije informativan.

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Vrli

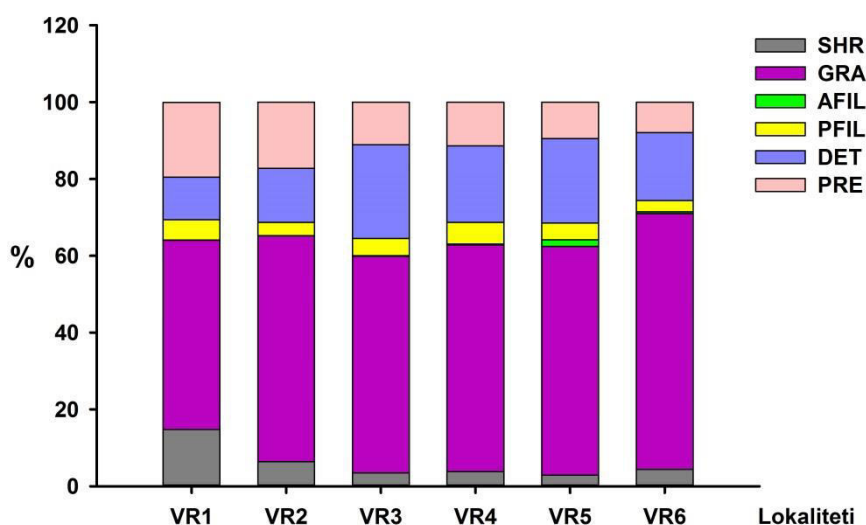
Sekači, sakupljači žeteoci i ukupni sakupljači jesu tri trofičke grupe kod kojih je zabeležena statistički značajna razlika u relativnoj brojnosti, između trećeg lokaliteta i najčešće prvog referentnog (Tabela 42), koji ukazuju na uticaje pastrmskih ribnjaka na lokalitetima nizvodno. U slučaju grupe sekača, oporavak ovih zajednica nije zabeležen, što se vidi na osnovu statistički značajne razlike u učešću sekača između prvog ($14,78 \pm 2,53$; Tabela 42) i šestog lokaliteta ($4,38 \pm 0,86$; Tabela 42). Najviše vrednosti u procentualnoj zastupljenosti sakupljača žetelaca zabeležene su upravo na lokalitetu ispod ribnjaka (VR3), a od ovog lokaliteta nizvodno njihovo učešće se smanjuje (Grafik 27). Ista situacija zabeležena je i na nivou ukupnih sakupljača ($29,03 \pm 4,27$; Tabela 42). Ukupan udeo aktivnih i pasivnih sakupljača filtratora bio je relativno nizak (Slika 47), statistički značajne razlike u njihovim vrednostima između lokaliteta nisu zabeležene. Učešće aktivnih sakupljača filtratora raste od trećeg lokaliteta ka lokalitetima nizvodno, usled prisustva vrste *Ephemera danica*, kao aktivnog filtratora. Trofički indeks zasnovan na količniku učešća sekača u odnosu na učešće ukupnih sakupljača, statistički značajno opada celom dužinom istraživanog dela toka, u odnosu na vrednosti indeksa na prvom lokalitetu. Drugi trofički indeks, zasnovan na količniku sakupljača filtratora i sakupljača žetelaca beleži niže vrednosti na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (izuzev lokaliteta VR4, $0,45 \pm 0,21$; Tabela 42).

Tabela 42. Vrednosti različnih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Vrle.

Kategorija indeksa/ Lokalitet	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6
INDEKSI DIVERZITETA						
H uk	2,58±0,13	2,67±0,09	2,72±0,15	2,48±0,14	2,54±0,18	2,56±0,15
D uk	0,13±0,02	0,11±0,01	0,12±0,02	0,15±0,03	0,15±0,04	0,13±0,02
S uk	34,71±3,74	33,71±3,20	36,57±3,18	36,57±3,21	32,86±2,77	32,71±2,91
H EPT	1,80±0,14 ^a	2,03±0,08	2,23±0,10 ^a	2,07±0,10	2,15±0,07+ ^a	2,14±0,11 ^a
H Chi	1,04±0,28	1,18±0,17	1,25±0,25	1,08±0,17	1,18±0,21	1,24±0,20
H Oli	—	—	—	—	—	—
D EPT	0,28±0,04 ^a	0,20±0,03 ^a	0,16±0,02	0,20±0,02	0,16±0,01 ^a	0,17±0,02
D Chi	0,50±0,12	0,41±0,08	0,52±0,13	0,47±0,09	0,41±0,08	0,40±0,08
D Oli	—	—	—	—	—	—
S EPT	17,43±1,95	16,14±1,60	18,14±1,32	19,00±1,70	17,86±1,72	17,00±1,59
S Chi	5,83±1,51	5,67±1,02	7,17±1,42	7,17±1,78	5,50±1,38	6,50±1,18
S Oli	1,43±0,20	1,71±0,42	1,86±0,14 ^c	1,29±0,29	0,86±0,40 ^c	1,00±0,49
BIOTIČKI INDEKSI						
FBI	4,00±0,04 ^a	3,96±0,06 ^b	4,30±0,16 ^{a,b}	4,29±0,20 ^b	4,34±0,20	4,19±0,08 ^b
MBMW ^P po	186,54±12,71 ^a	171,94±9,56	166,06±7,11	170,16±10,75	157,93±15,34	149,46±10,52 ^a
MBMW ^P ar	187,80±10,89	173,41±8,04	165,94±5,27	171,16±8,91	157,93±15,16	153,99±11,66
MASPT ^P o	7,45±0,07	7,25±0,07 ^b	7,33±0,10	7,51±0,12	7,56±0,10 ^b	7,51±0,09 ^b
MASPT ^P ar	8,12±0,08 ^a	7,78±0,07 ^a	7,82±0,13	7,97±0,15	8,07±0,13	7,97±0,07
EPT ZASNOVANI INDEKSI						
EPT rel	52,00±4,60	43,97±4,43	42,49±3,20	51,88±8,01	47,94±6,32	45,88±4,67
EPT ap	2096,29±483,94 ^a	1528,57±735,75	1051,14±343,79	1742,71±672,64	851,43±162,71 ^a	873,43±267,74 ^a
Bae/Eph	0,45±0,10	0,41±0,11	0,51±0,11	0,45±0,11	0,58±0,07	0,56±0,09
Bae/Hep+Bae	0,46±0,10	0,42±0,11	0,52±0,11	0,46±0,12	0,59±0,08	0,57±0,09
Hyd/Tri	0,31±0,08 ^a	0,54±0,08	0,53±0,07	0,49±0,10	0,57±0,04 ^a	0,49±0,05
TROFIČKI INDEKSI						
SHR/COLL	1,18±0,39 ^a	0,43±0,1 ^{a,b}	0,14±0,03 ^{a,b}	0,17±0,07 ^{a,b}	0,12±0,03 ^{a,b}	0,23±0,05 ^a
UFIL/DET	0,73±0,38 ^a	0,6±0,38	0,21±0,06 ^a	0,45±0,21	0,27±0,05 ^a	0,22±0,06 ^a
SHR	14,78±2,53 ^a	6,41±0,92 ^{a,b}	3,48±0,55 ^{a,b}	3,78±1,28 ^a	2,89±0,66 ^{a,b}	4,38±0,86 ^a
GRA	49,28±3,32 ^a	58,78±2,72	56,40±4,54	59,05±3,92	59,57±3,57	66,65±2,89 ^a
DET	11,07±2,57 ^a	14,06±2,76 ^b	24,41±3,66 ^{a,b}	19,93±3,57	21,97±3,68 ^a	17,69±2,85
COLL	16,40±2,71 ^a	17,60±2,40	29,03±4,27 ^a	25,78±3,30 ^a	28,06±4,75 ^a	21,07±2,76
PRE	19,47±2,71 ^a	17,20±2,05 ^b	11,09±1,79 ^{a,b}	11,39±1,91 ^a	9,48±1,63 ^{a,b}	7,91±0,96 ^{a,b}
Indeks saprobnosti po Z&M	1,97±0,10 ^a	1,62±0,03 ^{a,b}	1,71±0,03 ^b	1,81±0,08 ^b	1,69±0,06	1,64±0,03
RIZI indeks	4,24±0,20	3,84±0,16	4,03±0,12	3,95±0,21	3,73±0,13	3,82±0,09

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Vrli

Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinki i Marvanu pokazuju da zajednice makroinvertebrata nisu bile osetljive na organsko zagađenje poreklom od ribnjaka na reci Vrli. Iako je na drugom kontrolnom lokalitetu zabeležen statistički značajan pad indeksa saprobnosti ($1,62 \pm 0,03$; Tabela 42) u odnosu na prva dva lokaliteta nizvodno od ribnjaka (VR3 i VR4), iznenađujuće je da je najveća vrednost ovog indeksa zapravo zabeležena na prvom kontrolnom lokalitetu ($1,97 \pm 0,10$; Tabela 42). Stoga, kvalitet vode reke Vrle varira na delu toka gde je vršeno prikupljanje organizama. Na drugom, petom i šestom lokalitetu odgovara I klasi ekološkog statusa za tip 4 vodotoka, odnosno oligosaprobnoj do beta-mezosaprobnoj zoni. Kvalitet vode na prvom, trećem i četvrtom lokalitetu odgovara II klasi ekološkog statusa za dati tip vodotoka (prema važećem Pravilniku "Službeni glasnik", br. 74/2011), odnosno oligosaprobnoj do beta-mezosaprobnoj zoni na trećem lokalitetu i betamezosaprobnoj zoni na prvom i četvrtom lokalitetu.



Slika 47. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Vrle.

f) Vrednosti RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Vrli

Značajnije promene u vrednostima RIZI indeksa na lokalitetima reke Vrle nisu konstatovane. Deo toka na kome je vršeno uzorkovanje pripada metaritrалnoj zoni, a uticaj pastrmskog ribnjaka (na lokalitete nizvodno) preko ovog indeksa se ne može

sagledati. Kao i slučaju indeksa saprobnosti, najviše vrednosti indeksa konstatovane su na prvom lokalitetu, ali one nisu statistički značajne poredivši ih sa vrednostima na drugim lokalitetima (Tabela 42).

4.5.5. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Crnice

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Crnici

Na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka u reci Crnici, vrednosti Šenonovog indeksa diverziteta rastu, a Simpsonovog opadaju, sa najvećim, odnosno najnižim vrednostima zabeleženim na lokalitetu CR5 (Tabela 43). U skladu sa tim, zabeležen je statistički značajan porast ukupnog broja vrsta na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka. Ako se diverzitet posmatra samo na nivou grupa, uočava se da je na lokalitetu CR3 zabeležen statistički značajan porast broja vrsta oligoheta i hironomida (Tabela 43). Koliko su oligohete doprinele ukupnom diverzitetu na lokalitetu CR3, najbolje se može sagledati kroz Šenonov i Simpsonov indeks samo ove grupe, gde je uočena statistički značajna razlika u njihovim vrednostima (Tabela 43) u poređenju sa kontrolnim lokalitetima (CR1 i CR2) i lokalitetima nizvodno (CR3, CR4, CR5 i CR6). Posmatrajući zajednice hironomida, takođe dolazi do statistički značajnog porasta Šenonovog indeksa diverziteta na lokalitetu ispod ribnjaka u odnosu na kontrolne lokalitete, ali u slučaju Simpsonovog indeksa dominantnosti, ne uočava se statistički značajna razlika u vrednostima između lokaliteta. Niži diverzitet osetljivih EPT taksona uočava se na lokalitetu ispod ribnjaka, ali i na kontrolnim lokalitetima, što se vidi na osnovu rezultata sva tri tipa indeksa koji su uključili u razmatranje samo EPT taksone. Posmatrano za sva tri indeksa (S EPT, H EPT i D EPT sp) uočava se statistički značajna razlika u vrednostima indeksa diverziteta između prva tri i poslednja tri lokaliteta (Tabela 43).

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Crnici

Vrednosti FBI indeksa ukazuju da je kvalitet vode reke Crnice nizvodno od ribnjaka dobar, ali je lošiji u odnosu na kontrolne lokalitete, što ukazuje da je došlo porasta nivoa organskog zagađenja na ovom delu toka. Naime, zabeležena je statistički

značajna razlika u vrednostima FBI indeksa između kontrolnih lokaliteta (CR1=4,00±0,03; CR2=4,09±0,05; Tabela 43) i lokaliteta ispod ribnjaka (CR3=4,68±0,21; Tabela 43); kao i između prvog kontrolnog lokaliteta (gde je zabeležena najniža vrednost indeksa, koja ukazuje na odličan kvalitet vode) i lokaliteta CR4 i CR5 (Tabela 43). Vrednosti FBI indeksa ponovo opadaju na šestom lokalitetu, približivši se vrednostima na kontrolnim lokalitetima.

Duž istraživanog toka reke Crnice, na osnovu vrednosti obe verzije modifikovanog BMWP indeksa (MBMW_{Ppo}, MBMW_{Par}), od prvog do trećeg lokaliteta voda je na granici između veoma dobrog i dobrog kvaliteta. Kako voda teče nizvodno, od trećeg lokaliteta, vrednosti oba tipa indeksa rastu, sa statistički značajnom razlikom u njihovim vrednostima između poslednja dva i prva tri lokaliteta (Tabela 43). Modifikovana verzija ASPT indeksa koja se zasniva na brojnosti taksona (MASPT_{ar}), pokazala je nešto veću osetljivost na efekte pastrmskog ribnjaka, u odnosu na MASPT_{po} indeks. Iako vrednosti obe modifikacije ASPT indeksa celom dužinom toka označavaju da se radi o čistoj vodi, MASPT_{ar} indeks jasno izdvaja treći lokalitet sa najboljim kvalitetom vode (CR3=6,90±0,18, Tabela 43), jasno ukazujući na prisutnost organskog vida zagađenja poreklom od ribnjaka.

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Crnici

Učešće EPT taksona (EPT rel) na trećem lokalitetu je najniže, što ukazuje da ovi taksoni nemaju velikog značaja u obrazovanju zajednica makrozoobentosa na ovom lokalitetu. Ukupna brojnost EPT (EPT ap) taksona je pokazala manju osetljivost na uticaj ribnjaka, jer je broj jedinki EPT taksona bio nizak kako na lokalitetu CR3, tako i na prvom kontrolnom lokalitetu, gde je zabeležena najniža vrednost EPT ap indeksa (Tabela 43). EPT rel indeks pokazuje da dolazi do pada relativne brojnosti ovih taksona na lokalitetu ispod ribnjaka, da bi na šestom lokalitetu došlo do oporavka. Svakako, može se uočiti da od četvrtog ka petom lokalitetu u slučaju ukupne brojnosti i od četvrtog ka šestom lokalitetu u slučaju relativne brojnosti, broj EPT taksona raste, tako da se od ovog lokaliteta beleži oporavak EPT zajednice (Tabela 43).

Tabela 43. Vrednosti različnih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Crnice.

Kategorija indeksa/ Lokalitet	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6
INDEKSI DIVERZITETA						
H uk	1,52±0,23 ^a	1,25±0,23 ^b	1,78±0,21 ^c	2,42±0,14 ^{a,b,c}	2,58±0,14 ^{a,b,c}	2,36±0,12 ^{a,b}
D uk	0,39±0,08 ^a	0,51±0,09 ^b	0,34±0,07 ^c	0,16±0,03 ^{a,b,c}	0,14±0,03 ^{a,b,c}	0,18±0,02 ^{a,b,c}
S uk	20,71±1,71 ^a	22,00±2,15 ^b	35,29±2,65 ^{a,b}	37,00±3,19 ^{a,b}	43,57±2,90 ^{a,b}	38,43±3,60 ^{a,b}
H EPT	1,25±0,16 ^a	1,26±0,14 ^b	1,03±0,12 ^c	1,78±0,14 ^{a,b,c}	2,17±0,11 ^{a,b,c}	2,06±0,15 ^{a,b,c}
H Chi	0,62±0,26 ^a	1,15±0,11 ^b	1,63±0,19 ^{a,b}	1,37±0,19 ^a	1,32±0,15 ^a	1,56±0,14 ^a
H Oli	0,60±0,16 ^a	0,25±0,17 ^b	1,58±0,12 ^{a,b,c}	0,76±0,14 ^{c,d}	0,50±0,05 ^{c,d}	0,61±0,18 ^c
D EPT	0,40±0,07 ^a	0,42±0,06 ^b	0,51±0,07 ^c	0,24±0,03 ^{b,c}	0,15±0,02 ^{a,b,c}	0,19±0,03 ^{a,b,c}
D Chi	0,66±0,13	0,38±0,04	0,33±0,08	0,41±0,09	0,39±0,07	0,34±0,06
D Oli	0,61±0,10 ^a	0,83±0,11 ^b	0,27±0,04 ^{a,b,c}	0,59±0,08 ^{c,d}	0,74±0,04 ^{c,d}	0,65±0,10 ^c
S EPT	7,29±1,19 ^a	8,71±1,30 ^b	7,43±0,65 ^c	12,29±1,19 ^{a,c}	16,86±1,40 ^{a,b,c}	16,57±1,43 ^{a,b,c}
S Chi	2,57±1,11 ^a	4,71±0,75 ^b	11,86±0,63 ^{a,b}	10,57±1,45 ^{a,b}	11,00±1,11 ^{a,b}	12,20±1,77 ^{a,b}
S Oli	2,14±0,34 ^a	1,14±0,40 ^b	7,67±0,61 ^{a,b,c}	3,86±0,63 ^{a,b,c}	3,71±0,36 ^{a,b,c}	2,57±0,48 ^{b,c}
BIOTIČKI INDEKSI						
FBI	4,00±0,03 ^a	4,09±0,05 ^b	4,68±0,21 ^{a,b}	4,59±0,13 ^a	4,69±0,18 ^a	4,20±0,16
MBMW Ppo	95,17±6,41 ^a	100,34±10,96 ^b	96,53±8,04 ^c	128,19±9,88 ^{a,c}	152,13±9,75 ^{a,b,c}	140,44±9,77 ^{a,b,c}
MBMW Par	100,53±7,00 ^a	107,06±11,30 ^b	99,61±8,86 ^c	134,50±10,25 ^{a,c}	148,69±8,01 ^{a,b,c}	146,66±10,16 ^{a,b,c}
MASPTpo	6,59±0,10 ^a	6,87±0,11 ^b	6,43±0,10 ^{b,c}	6,83±0,10 ^c	7,09±0,08 ^{a,c}	7,04±0,17 ^a
MASPTar	7,02±0,11 ^a	7,43±0,12 ^{a,b}	6,90±0,18 ^{b,c}	7,33±0,17	7,37±0,10 ^{a,c}	7,58±0,16 ^{a,c}
EPT ZASNOVANI INDEKSI						
EPT rel	21,77±10,26 ^a	17,85±5,54 ^b	10,00±2,13 ^c	25,86±4,56	30,93±5,71 ^c	40,51±6,21 ^{a,b,c}
EPT ap	1108,85±478,22 ^a	1348,29±315,52 ^b	1316,57±325,23 ^c	2290,43±506,18 ^d	5905,43±1512,10 ^{a,b,c}	5101,43±694,65 ^{a,b,c,d}
Bae/Eph	0,10±0,07 ^a	0,19±0,07 ^b	0,84±0,09 ^{a,b}	0,53±0,11 ^{a,b}	0,67±0,07 ^{a,b}	0,67±0,10 ^{a,b}
Bae/Hep+Bae	0,12±0,08 ^a	0,19±0,08 ^b	0,86±0,08 ^{a,b,c}	0,55±0,11 ^{a,b,c}	0,75±0,06 ^{a,b}	0,74±0,10 ^{a,b}
Hyd/Tri	0,02±0,02 ^a	0,01±0,01 ^b	0±0 ^c	0,11±0,05 ^c	0,21±0,06 ^{a,c}	0,20±0,05 ^{a,b,c}
TROFIČKI INDEKSI						
SHR/COLL	0,21±0,07 ^a	0,20±0,09 ^b	0,02±0,09 ^{a,b}	0,11±0,03	0,11±0,04	0,12±0,03
UFIL/DET	0,06±0,04 ^a	0,05±0,02 ^b	0,16±0,07 ^c	0,04±0,01	0,45±0,22 ^{a,b,c,d}	0,2±0,03 ^d
SHR	1,99±0,74	1,33±0,47	0,69±0,24 ^c	2,34±0,69	4,37±1,43 ^c	3,42±1,06 ^c
GRA	50,48±8,38	57,06±7,43	41,85±7,93	42,13±5,61	40,19±5,43	46,00±4,90
DET	11,29±2,29 ^a	11,05±2,46 ^b	23,61±2,67 ^{a,b}	23,26±2,28 ^{a,b}	27,12±2,41 ^{a,b}	26,89±2,79 ^{a,b}
COLL	11,68±2,22 ^a	11,54±2,50 ^b	26,49±2,17 ^{a,b}	24,23±2,27 ^{a,b}	37,65±4,21 ^{a,b}	29,87±2,71 ^{a,b}
PRE	35,57±9,06 ^a	31,00±9,37 ^b	28,35±9,23 ^c	21,85±4,21 ^d	12,90±1,54 ^{a,b,c,d}	16,14±2,47
Indeks saprobnosti po Z&M	1,70±0,04 ^a	1,80±0,03 ^b	1,98±0,05 ^{a,b,c}	1,92±0,04 ^{a,b,d}	1,78±0,02 ^{c,d}	1,80±0,02 ^{c,d}
RIZI indeks	3,89±0,11 ^a	3,99±0,08 ^b	4,52±0,10 ^{a,b}	4,47±0,09 ^{a,b}	4,25±0,07 ^{a,b}	4,17±0,15

Zabeležen je statistički značajan porast u vrednostima Bae/Eph i Bae/Hep+Eph indeksa na lokalitetima ispod ribnjaka u odnosu na prva dva kontrolna lokaliteta (Tabela 43). Razlog najviše zabeležene vrednosti prvog indeksa leži u činjenici da je na trećem

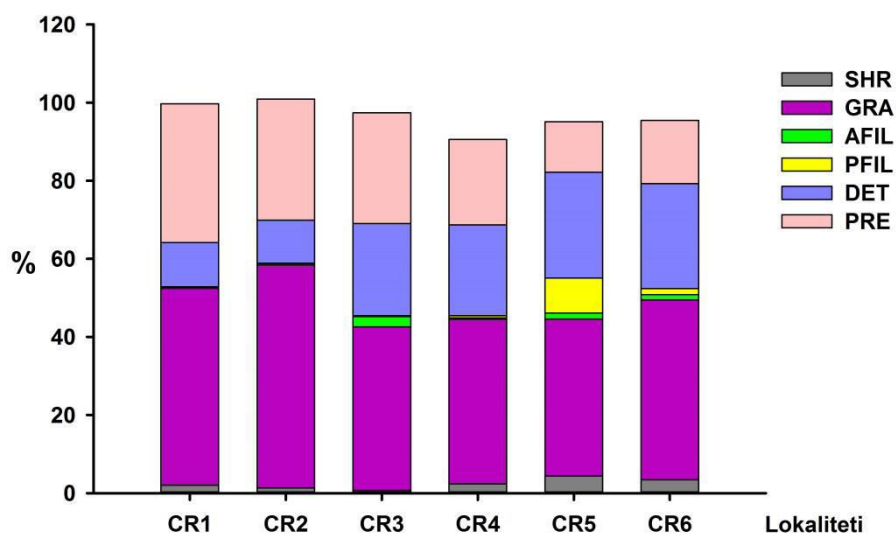
lokalitetu glavno učešće u obrazovanju zajednica Ephemeroptera imala vrsta *Baetis rhodani*, sa učešćem od 5,88%. Od četvrtog ka šestom lokalitetu, učestalost vrsta roda *Baetis* na pojedinim lokalitetima je takođe bila viša (npr. *B. rhodani* 8,38% na CR6), ali zajednicu vodenih cvetova na ovim lokalitetima oblikovali su i predstavnici iz drugih familija (pre svih, Heptagenidae). S druge strane, niže vrednosti drugog indeksa na kontrolnom lokalitetu (Tabela 43) ukazuju da Heptageniidae preuzimaju dominaciju na kontrolnim lokalitetima, sa učešćem od 7,62% (CR1), odnosno 7,53% (CR2), u poređenju sa učešćem od 0,60% na trećem lokalitetu.

Vrednost indeksa koji podrazumeva odnos brojnosti familije Hydropsychidae i ukupnih trioptera, nije povezan sa uticajem ribnjaka, jer predstavnici familije Hydropsychidae nisu registrovani na lokalitetu ispod ribnjaka (CR3). Njihova relativna brojnost raste na petom i šestom lokalitetu (Tabela 43).

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Crnici

Trofički indeksi na reci Crnici su dali različite rezultate duž istraživanog dela toka. Zabeleženo je najniže procentualno učešće sekača na lokalitetu ispod ribnjaka (Slika 48), sa statistički značajnom razlikom u odnosu na peti i šesti lokalitet (Tabela 43), gde dolazi do oporavka ove osetljive zajednice. Iako bi se očekivala veća procentualna zastupljenost ove grupe na kontrolnim lokalitetima, njihove vrednosti su bile bliže vrednostima na trećem lokalitetu. Na nivou zajednice strugača nisu uočene značajnije promene, izuzev njihove veće učestalosti na prva dva lokaliteta (Slika 48). Obe komponente sakupljača filtratora (aktivnih i pasivnih) i sakupljača žetelaca, ne daju tako jasnu sliku uticaja pastrmskog ribnjaka kao ukupni sakupljači (Slika 48). Dok procentualna zastupljenost i jedne i druge grupe sakupljača raste na lokalitetu ispod ribnjaka, u odnosu na kontrolne lokalitete (iako to u slučaju pasivnih sakupljača filtratora nije uočljivo, zbog generalno malog učešća ove grupe), statistički značajne razlike u njihovoj povećanoj relativnoj brojnosti, mogu se uočiti jedino na nivou ukupnih sakupljača čija brojnost raste i do šestog lokaliteta (Tabela 43). Odnos sakupljača filtratora naspram sakupljača žetelaca ne ukazuje na narušavanje zajednica makrozoobentosa na lokalitetu neposredno ispod ribnjaka. U reci Crnici, pored učešća sakupljača, jasna reakcija organizama makrozoobentosa na uticaje pastrmskog ribnjaka ispoljila se i kroz učešće sakupljača žetelaca, gde dolazi do statistički značajnog porasta

u učešću na lokalitetima nizvodno od ribnjaka, u poređenju sa kontrolnim lokalitetima (Tabela 43). Takođe, indeks koji se pokazao kao osetljiv na promene nastale pod uticajem pastrmskog ribnjaka, predstavlja odnos sekača naspram sakupljača (SHR/C, Tabela 43). Na lokalitetu ispod ribnjaka zabeležen je statistički značajan pad vrednosti ovog indeksa u odnosu na kontrolne lokalitete, čija je vrednost bila niža od 0,25 (Tabela 43). Procentualna zastupljenost predatora dostigla je statistički značajni pad na petom lokalitetu, sa najniže dostignutim učešćem (Slika 48).



Grafik 48. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Crnice.

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Crnici

Na osnovu vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinki i Marvanu, kvalitet vode reke Crnice na prvom lokalitetu je na granici prve i druge klase ekološkog statusa za tip vodotoka 3 (prema važećem Pravilniku "Sužbeni glasnik", br. 74/2011), tj. odgovara oligo do beta-mezosaprobnoj zoni, dok se na drugom lokalitetu, usled porasta indeksa saprobnosti, nalazi na samoj granici ka beta-mezosaprobnoj zoni. Statistički značajan porast indeksa saprobnosti može se uočiti na trećem ($1,98 \pm 0,05$) i četvrtom ($1,92 \pm 0,04$) lokalitetu, koji ovaj deo toka reke Crnice svrstava u II klasu ekološkog statusa i daje pripadnost beta-mezosaprobnoj saprobiološkoj zoni. Na petom i šestom lokalitetu, dolazi do pada indeksa saprobnosti, gde vrednosti postaju bliske onima na drugom kontrolnom lokalitetu. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinki i Marvanu, jasno

ukazuju da je razlog njegovog povećanja na lokalitetu ispod ribnjaka, posledica organskog zagađenja.

f) Vrednosti RIZI indeks makrozoobentosa u reci Crnici

Statistički značajne razlike u vrednostima RIZI indeksa zabeležene su između prva dva kontrolna lokaliteta (CR1 i CR2) i lokaliteta nizvodno od ribnjaka (CR3, CR4, CR5, CR6, Tabela 43). Vrednosti RIZI indeksa indikuju da zajednicu makrozoobentosa, duž istraživanih lokaliteta reke Crnice, karakteriše metaritralna zona. Treći lokalitet odlikuje najveća vrednost RIZI indeksa ($4,52 \pm 0,10$; Tabela 43), što ukazuje na jasan uticaju ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, koje na ovom lokalitetu teže ka hiporitrалnoj zoni.

4.5.6. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Trešnjice

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Trešnjici

Sa stanovišta ukupnog diverziteta, na osnovu vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa, kao i ukupnog broja vrsta, uticaj ribnjaka na zajednice makrozoobentosa nije registrovan na reci Trešnjici. To se najbolje može uočiti kroz statistički značajno povećanje ukupnog broja vrsta na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (TR2 i TR3; Tabela 44). Visok diverzitet konstatovan je na svim lokalitetima reke Trešnjice. Ako diverzitet posmatramo samo kroz indikatorske grupe, na nivou EPT grupe ne dolazi do statistički značajnih razlika u vrednostima oba indeksa (Tabela 44). Najveći broj EPT taksona identifikovan je na trećem lokalitetu ($18,00 \pm 1,00$). Broj vrsta hironomida i oligoheta statistički značajno raste na lokalitetu ispod ribnjaka, što se kod hironomida ogleda i kroz statistički značajno povećanje vrednosti Šenonovog indeksa na drugom lokalitetu ($1,46 \pm 0,19$; Tabela 44), u odnosu na kontrolni TR1 lokalitet ($0,85 \pm 0,20$; Tabela 44).

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Trešnjici

Uticaj pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa u reci Trešnjici nije značajno vidljiv kroz vrednosti FBI indeksa. Bez obzira što je na lokalitetu ispod

ribnjaka zabeležen statistički značajan porast u vrednosti ovog indeksa ($TR2=4,18\pm 0,16$), u poređenju sa kontrolnim lokalitetom ($TR1=3,19\pm 0,13$), kvalitet vode je na ovom delu toka, kao i nizvodno, vrlo dobar. Istu informaciju pružaju modifikovane verzije BMWP i ASPT indeksa, čije vrednosti od prvog do četvrtog lokaliteta ukazuju na veoma dobar kvalitet vode (Tabela 44). Statistički značajan pad u vrednostima MASPT_{po} i MASPT_{ar} indeksa uočljiv je na lokalitetima nizvodno od ribnjaka, u odnosu na prvi, kontrolni lokalitet, što govori o njihovoj većoj osetljivosti u ovom slučaju.

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Trešnjici

Na istraživanim lokalitetima reke Trešnjice, ukupno učešće EPT taksona na lokalitetu ispod ribnjaka (TR2) opada (Tabela 44). S druge strane, indeks zasnovan na apsolutnoj brojnosti EPT taksona daje informaciju o statistički značajno manjim brojnostima na prvom i četvrtom lokalitetu u odnosu na treći (Tabela 44). Na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (TR2, TR3, TR4), vrednost Bae/Eph indeksa raste, sa statističkom značajnošću između prvog i drugog lokaliteta (Tabela 44). Dominantnu komponentu zajednica Ephemeroptera TR2 lokalitetu čini vrsta *Baetis rhodani* (sa učešćem od 23,59%), što se i ogleda kroz višu vrednost ovog indeksa ($0,66\pm 0,07$; Tabela 44). Vrednosti Bae/Bae+Hep indeksa duž uzorkovanih lokaliteta su ujednačene i ukazuju da su u odnosu na familiju Heptagenidae, Baetidae zastupljenije u uzorcima makrozoobentosa na lokalitetima reke Trešnjice. Indeks predstavljen odnosom familije Hydropsichidae u odnosu na ukupne trioptere, nije ukazao na statistički značajne promene u vrednostima između lokaliteta (Tabela 44).

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Trešnjici

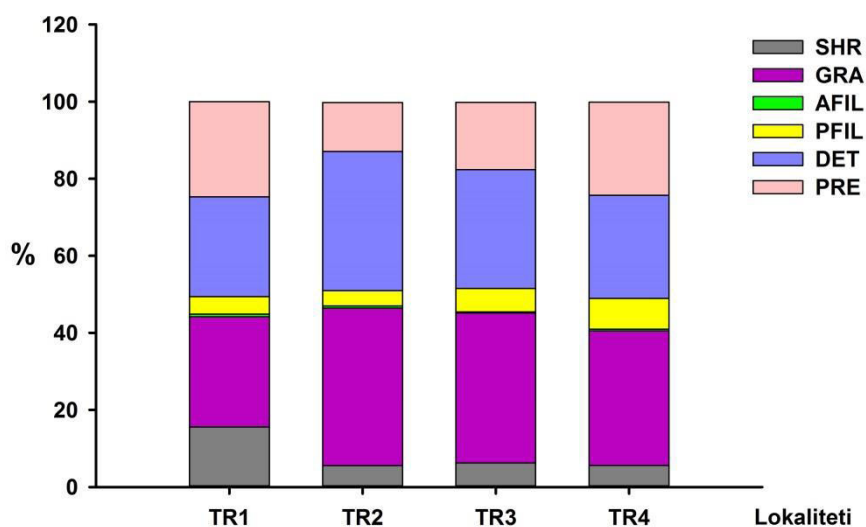
Uliv otpadnih voda ribnjaka doveo je do značajnih promena u trofičkoj strukturi zajednica makrozoobentosa reke Trešnjice. Na ispitivanim lokalitetima dominiraju sakupljači, a do najvećeg porasta njihove zastupljenosti dolazi između prvog i drugog lokaliteta, koji je statistički značajan (Tabela 44); da bi vrednosti ka lokalitetima nizvodno ponovo opale i postale bliske vrednostima na kontrolnom lokalitetu. Međutim, njihov udeo na TR3 i TR4 je i dalje veliki u poređenju sa ostalim trofičkim grupama (Tabela 44, Slika 49). Učešće sekača u ukupnoj brojnosti, kao i odnos sekača i ukupnih

sakupljača karakteriše statistički značajan pad na drugom lokalitetu, koji se odražava do četvrtog. Na drugom i trećem lokalitetu zabeležen je statistički značajan porast u učešću strugača (TR2=40,91±2,75; TR3=38,92±2,13; Tabela 44).

Tabela 44. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Trešnjice.

Kategorija indeksa/ Lokalitet	TR1	TR2	TR3	TR4
INDEKSI DIVERZITETA				
H uk	2,50±0,10	2,57±0,10	2,53±0,15	2,62±0,13
D uk	0,13±0,02	0,14±0,03	0,15±0,03	0,13±0,02
S uk	22,14±1,30 ^a	33,43±2,87 ^a	35,14±2,81 ^a	29,29±3,21
H EPT	2,17±0,13	2,15±0,07	2,18±0,11	2,15±0,14
H Chi	0,85±0,20 ^a	1,46±0,19 ^a	1,19±0,29	1,19±0,28
H Oli	—	—	—	—
D EPT	0,17±0,02	0,18±0,02	0,19±0,03	0,19±0,03
D Chi	0,52±0,10	0,37±0,09	0,46±0,13	0,45±0,12
D Oli	—	—	—	—
S EPT	14,57±1,15 ^a	18,00±1,00 ^a	20,29±1,57 ^a	17,14±1,92
S Chi	3,14±0,70 ^a	8,57±1,13 ^a	6,43±1,21 ^a	5,71±1,41 ^a
S Oli	0,43±0,20 ^a	1,00±0,00 ^a	1,43±0,30 ^a	1,00±0,31 ^a
BIOTIČKI INDEKSI				
FBI	3,19±0,13 ^a	4,18±0,16 ^a	4,02±0,16 ^a	3,67±0,16
MBMW ^{Ppo}	117,99±7,53	132,10±7,28	143,20±11,43	117,86±11,71
MBMW ^{Par}	121,59±7,03	136,96±7,27	147,80±10,55	121,94±11,84
MASPT ^{po}	8,03±0,08 ^a	7,43±0,17 ^a	7,48±0,07 ^a	7,50±0,13 ^a
MASPT ^{ar}	8,45±0,11 ^a	7,71±0,16 ^a	7,84±0,07 ^a	7,84±0,13 ^a
EPT ZASNOVANI INDEKSI				
EPT rel	83,49±2,89 ^a	70,59±6,62 ^a	75,48±5,45	76,58±3,67
EPT ap	1056,86±172,59 ^a	2288,00±654,69	3068,43±658,67 ^{a,c}	1310,00±264,77 ^c
Bae/Eph	0,42±0,08 ^a	0,66±0,07 ^a	0,64±0,09	0,53±0,08
Bae/Hep+Bae	0,73±0,07	0,79±0,08	0,81±0,05	0,78±0,08
Hyd/Tri	0,33±0,10	0,40±0,09	0,50±0,08	0,46±0,07
TROFIČKI INDEKSI				
SHR/COLL	6,08±2,05 ^a	1,46±0,49 ^a	1,76±0,65	1,88±0,63
UFIL/DET	2,35±0,80	1,41±0,56	2,25±0,65	7,01±4,60
SHR	15,57±3,73 ^a	5,51±1,73 ^a	6,22±2,22	5,57±1,60
GRA	28,56±2,74 ^a	40,91±2,75 ^a	38,92±2,13 ^a	34,91±3,58
DET	25,92±3,24 ^a	36,14±2,32 ^a	30,81±2,24	26,78±5,09
COLL	31,16±3,06 ^a	40,66±1,94 ^a	37,23±2,12	35,21±2,95
PRE	24,71±2,74 ^a	12,68±2,41 ^a	17,45±3,62	24,17±4,92
Indeks saprobnosti po Z&M	1,66±0,06 ^a	1,81±0,07 ^a	1,78±0,07	1,75±0,06
RIZI indeks	3,90±0,32	4,13±0,37	4,04±0,27	4,14±0,26

Značajne statističke razlike u učešću aktivnih i pasivnih sakupljača filtratora nije zabeležen, izuzev između prvog i trećeg lokaliteta u slučaju aktivnih filtratora. Njihov udeo u odnosu na ostale trofičke grupe bio je najmanji (Slika 49). Količnik dve grupe filtratora (UFIL/DET) na lokalitetu ispod ribnjaka opada, ali nije statistički značajan ($1,41 \pm 0,56$; Tabela 44). Statistički značajna razlika u učešću predatora primetna je između drugog i trećeg lokaliteta, gde dolazi do pada relativne brojnosti ove trofičke grupe.



Slika 49. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Trešnjice.

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Trešnjici

Kvalitet vode reke Trešnjice odgovara II klasi ekološkog statusa za tip 3 vodotoka (prema važećem Pravilniku "Službeni glasnik", br. 74/2011), na lokalitetima ispod pastrmskog ribnjaka. Na kontrolnom lokalitetu (TR1) kvalitet vode je nešto bolji, nalazi se na granici između prve i druge klase ekološkog statusa (Tabela 44). Samo na drugom lokalitetu kvalitet vode ($1,81 \pm 0,07$; Tabela 44) odgovara beta-mezosaprobnoj zoni sa statistički značajnim porastom indeksa saprobnosti u odnosu na kontrolni lokalitet ($1,66 \pm 0,06$; Tabela 44), dok ostale lokalitete odlikuje pripadnost oligo do beta-mezosaprobnoj zoni. Od trećeg do četvrtog lokaliteta, vidi se oporavak zajednica makrozoobentosa kroz pad indeksa saprobnosti.

f) Vrednosti RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Trešnjici

Vrednosti RIZI indeksa nisu se statistički značajno menjale duž lokaliteta reke Trešnjice (Tabela 44). Celim dužinom toka gde je vršeno uzorkovanje, sastav zajednica organizama makrozoobentosa oslikao je metaritrlnu zonu, kao i u većini istraživanih tekućica. Usled prisustva taksona koji su tolerantniji na organski vid zagađenja, koji vodi poreklo od samog ribnjaka, nešto više vrednosti ovog indeksa dobijene su na drugom lokalitetu ($4,13 \pm 0,37$; Tabela 44).

4.5.7. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Studenice

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Studenici

Uticaj ribnjaka na zajednice makrozoobentosa na reci Studenici, sa stanovišta ukupnog diverziteta, nije primetan. Vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa manje-više su ujednačene duž istraživanih lokaliteta (Tabela 45). Sa stanovišta diverziteta hironomida, primetno je da su vrednosti i jednog i drugog indeksa na četvrtom lokalitetu statistički značajno različite u odnosu na druge lokalitete (Tabela 45). Posledica toga je najveći specijski diverzitet ove grupe upravo na petom lokalitetu. Slična situacija zabeležena je i za oligohete, ali u odnosu na treći lokalitet, samo bez veće statističke značajnosti u promenama vrednosti ovih indeksa. U okviru EPT zajednica, veće promene kako u indeksima diverziteta, tako i u ukupnoj brojnosti, nisu uočene (Tabele 45). U odnosu na broj identifikovanih vrsta, svakako imaju najveći doprinos diverzitetu zajednica makrozoobentosa na reci Studenici.

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Studenici

Na osnovu vrednosti FBI indeksa, kvalitet vode reke Studenice je dobar, dužinom toka gde je vršeno uzorkovanje makrozoobentosa. To ukazuje da na svim lokalitetima postoji umereno organsko zagađenje. Najveće zabeležene vrednosti ovog indeksa registrovane su na prvom lokalitetu ispod ribnjaka ($ST3=4,92 \pm 0,06$), koje se statistički značajno razlikuju u odnosu na vrednosti indeksa na prvom lokalitetu ($4,31 \pm 0,23$; Tabela 45). Sa stanovišta procene uticaja ribnjaka na zajednice

makrozoobentosa korišćenjem modifikovanih BMWP i ASPT indeksa, uočljivo je da nema statistički značajnih razlika u vrednostima ovih indeksa između lokaliteta. Dobijeni podaci govore da je kvalitet vode na delu toka reke Studenice koji obuhvata šest lokaliteta, veoma dobar. Jedino MASPTar indeks ukazuje na statistički značajan pad u njegovim vrednostima, u odnosu na kontrolne lokalitete ($8,05 \pm 0,13$ na ST1 i $8,03 \pm 0,15$ na ST2, Tabela 45), na osnovu čega mu se, u ovom slučaju, može prepisati najveća osetljivost.

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Studenici

Kao jedna od bitnijih komponenti zajednice makrozoobentosa reke Studenice, EPT grupa, kroz vrednosti EPT indeksa, nije pokazala osetljivost na uticaj pastrmskog ribnjaka. Posmatrajući svih pet indeksa (EPT rel, Bae/Eph, Bae/Hep+Bae, EP ap, Hyd/Tri), nisu konstatovane statistički značajne razlike u njihovim vrednostima između lokaliteta (Tabela 45).

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Studenici

Uticaj pastrmskog ribnjaka na reci Studenici ogleda se kroz odgovor pojedinih trofičkih grupa makroinvertebrata. To je pre svega uočljivo na lokalitetu ST3 na nivou ukupnih sakupljača ($35,94 \pm 2,38$) i sakupljača žetelaca ($30,01 \pm 2,23$, Tabela 45), čiji udeo statistički značajno, a u slučaju ukupnih sakupljača i na sledećem, četvrtom lokalitetu ($39,63 \pm 4,01$; Tabela 45). Od svih trofičkih grupa najveći udeo zauzeli su strugači (Slika 50). Na trećem lokalitetu dolazi do pada njihovog ušea, kao i u slučaju zajednice sekača, ali bez zabeležene statističke značajnosti ($5,86 \pm 1,32$; Tabela 45). Trofički indeks zasnovan na odnosu sekača i ukupnih sakupljača, beleži statistički značajan pad na trećem lokalitetu ($0,17 \pm 0,04$; Tabela 45), u odnosu na vrednost ovog indeksa na prvom kontrolnom lokalitetu ($0,60 \pm 0,29$; Tabela 45). Na lokalitetima nizvodno, vrednost ovog indeksa ponovo raste. Slična situacija je u slučaju drugog trofičkog indeksa (UFIL/DET), čija vrednost takođe opada na trećem lokalitetu, ali bez statističke značajnosti ($0,21 \pm 0,06$; Tabela 45). Najveća relativna brojnost predatora na istraživanim lokalitetima reke Studenice, zabeležen je na prvom lokalitetu, sa statistički značajnim padom na petom lokalitetu.

Tabela 45. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Studenice.

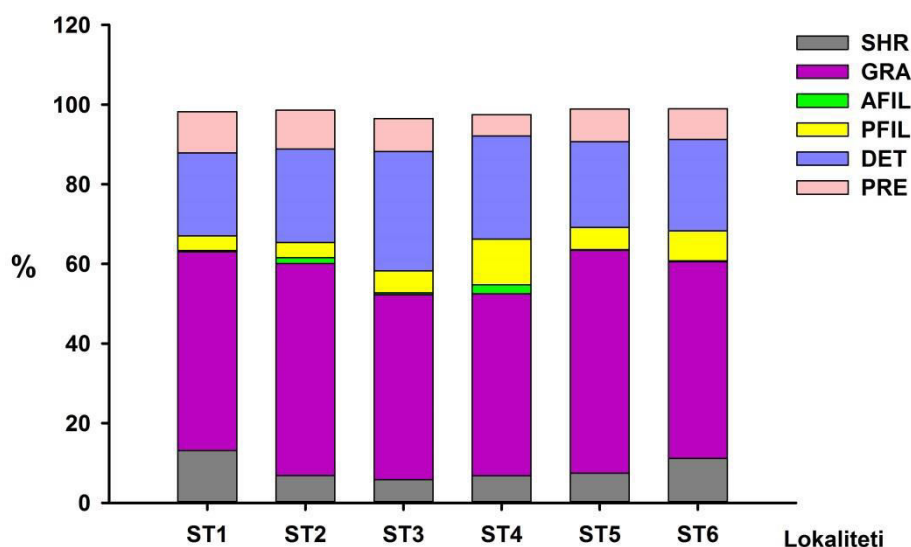
Kategorija indeksa/ Lokalitet	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
INDEKSI DIVERZITETA						
H uk	2,77±0,21	2,80±0,15	3,00±0,08	2,99±0,09	2,70±0,16	2,81±0,08
D uk	0,14±0,05	0,11±0,02	0,08±0,01	0,08±0,01	0,14±0,03	0,10±0,01
S uk	42,67±3,05	34,00±4,54	41,00±2,49	42,00±3,78	40,67±3,67	37,17±2,21
H EPT	2,33±0,16	2,36±0,15	2,47±0,05	2,37±0,10	2,38±0,14	2,22±0,11
H Chi	0,74±0,33 ^a	1,01±0,27 ^b	0,99±0,24 ^c	1,84±0,11 ^{a,b,c,d}	0,78±0,14 ^d	1,13±0,18 ^d
H Oli	0,65±0,29	0,64±0,17	0,89±0,15 ^c	0,41±0,14 ^c	0,71±0,18	0,65±0,16
D EPT	0,17±0,05	0,12±0,02	0,12±0,01	0,13±0,01	0,14±0,02	0,16±0,02
D Chi	0,52±0,15 ^a	0,55±0,13 ^b	0,58±0,11 ^c	0,24±0,04 ^{a,b,c,d}	0,65±0,06 ^d	0,46±0,09 ^d
D Oli	0,60±0,17	0,59±0,11	0,51±0,09	0,72±0,08	0,51±0,08	0,65±0,10
S EPT	20,83±1,78	16,80±2,01	19,67±1,43	18,50±1,69	19,33±2,55	17,50±1,52
S Chi	5,67±1,87 ^a	7,80±0,80 ^b	7,67±0,88 ^c	12,50±1,69 ^{a,b,c,d}	7,33±0,80 ^d	6,33±0,71 ^d
S Oli	3,00±1,06	2,40±0,40 ^b	4,00±0,26 ^{b,c}	2,33±0,67 ^c	2,83±0,65	3,50±0,22
BIOTIČKI INDEKSI						
FBI	4,31±0,23 ^a	4,55±0,19 ^b	4,92±0,06 ^{a,b,c}	4,85±0,11 ^d	4,76±0,14	4,37±0,17 ^{c,d}
MBMWpPo	158,05±13,73	126,76±9,58	153,82±8,03	139,68±3,46	159,72±10,26	144,15±11,48
MBMWPar	167,00±14,31	136,06±9,86	159,32±8,61	147,22±3,84	162,33±9,06	150,87±10,91
MASPTpo	7,55±0,12	7,47±0,16	7,43±0,10	7,49±0,17	7,56±0,17	7,44±0,17
MASPTar	8,05±0,13 ^a	8,03±0,15 ^b	7,82±0,12 ^{a,b}	7,96±0,19	7,94±0,19	7,93±0,21
EPT ZASNOVANI INDEKSI						
EPT rel	57,02±8,82	49,71±5,04	45,45±3,00	40,59±5,38	41,30±7,48	56,93±6,48
EPT ap	3263,00±952,20	1657,00±228,40	2971,83±828,32	3030,17±1042,79	3172,50±1131,66	3945,83±1897,60
Bae/Eph	0,37±0,04	0,45±0,08	0,40±0,06	0,51±0,09	0,45±0,13	0,52±0,10
Bae/Hep+Bae	0,46±0,03	0,57±0,07	0,53±0,06	0,57±0,09	0,57±0,14	0,60±0,09
Hyd/Tri	0,24±0,09	0,27±0,13	0,33±0,03	0,24±0,08	0,33±0,07	0,34±0,09
TROFIČKI INDEKSI						
SHR/COLL	0,60±0,29 ^a	0,28±0,17 ^{a,b}	0,17±0,04 ^{a,c}	0,19±0,05 ^{a,d}	0,32±0,13	0,56±0,38 ^{b,c,d}
UFIL/DET	0,21±0,04	0,22±0,03	0,21±0,06	0,58±0,16	0,29±0,07	0,34±0,08
SHR	13,09±5,08	6,88±3,70	5,86±1,32	6,81±1,48	7,44±2,57	11,15±5,41
GRA	49,96±6,60	53,20±3,83	46,42±4,38	45,71±4,30	56,00±2,76	49,40±4,00
DET	20,82±2,07 ^a	23,48±1,43 ^b	30,01±2,23 ^{a,b,c}	25,94±2,86	21,51±2,40 ^c	22,97±3,10
COLL	24,82±2,01 ^a	28,78±1,94 ^b	35,94±2,38 ^{a,b,c}	39,63±4,01 ^{a,b,d}	27,25±2,63 ^{c,d}	30,74±4,08
PRE	10,33±1,61 ^a	9,73±1,42	8,25±0,51	5,31±0,32 ^a	8,21±1,18	7,69±0,91
Indeks saprobnosti po Z&M	1,54±0,04 ^a	1,56±0,03 ^b	1,67±0,04 ^{a,b}	1,70±0,06	1,66±0,05	1,64±0,04
RIZI	3,71±0,13	3,90±0,15	4,02±0,14	3,99±0,17	3,91±0,09	3,80±0,14

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Studenici

Statistički značajan porast indeksa saprobnosti primetan je na trećem lokalitetu (1,67±0,04; Tabela 45) reke Studenice u odnosu na prva dva kontrolna lokaliteta (ST1 i ST2; Tabela 45). Trend povećanja indeksa se može uočiti i na četvrtom lokalitetu, ali bez statističke značajnosti. Bez obzira na više vrednosti indeksa saprobnosti na ova dva lokaliteta, kvalitet vode, duž toka Studenice gde je praćen uticaj pastrmskog ribnjaka, odgovara prvoj klasi ekološkog statusa za tip vodotoka 4 (prema važećem Pravilniku "Službenom glasnik", br. 74/2011), odnosno na prelasku između prve i druge klase na trećem i četvrtom lokalitetu.

f) Vrednosti RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Studenici

Statistički značajne razlike u vrednostima RIZI indeksa na lokalitetima reke Studenice nisu konstatovane, uglavnom su bile ujednačene (Tabela 45), ukazujući da na osnovu sastava zajednica makroinvertebrata istraživani deo toka uglavnom odgovara metaritrinalnoj zoni. Izuzetak predstavlja jedino prvi lokalitet, sa najnižim vrednostima RIZI indeksa (3,71±0,13; Tabela 45), koji odgovara zoni epiritrala.



Slika 50. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Studenice.

4.5.8. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Rače

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Rači

Reka Rača se odlikuje raznovrsnom zajednicom makroinvertebrata (videti poglavlje 4.1.8), sa velikim brojem taksona registrovanih i ispod pastrmskog ribnjaka. Na osnovu toga, uticaj ribnjaka, u smislu smanjenja diverziteta na ovoj reci, nije primetan. U odnosu na vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa, kao i na osnovu ukupnog broja pronađenih vrsta (Tabela 46), kontrolne lokalitete (RČ1 i RČ2) i lokalitet ispod ribnjaka (RČ3) karakteriše nešto niži diverzitet (koji može biti statistički značajan, Tabela 24) u poređenju sa lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka. Posmatrajući tri grupe (EPT, Chi i Oligo) čiji je diverzitet posebno prikazan (Tabela 46), može se uvideti da EPT grupa, po broju registrovanih taksona, na prvom mestu doprinosi ukupnom diverzitetu zajednica makrozoobentosa na lokalitetima nizvodno od ribnjaka. Oligohete, sa malim brojem registrovanih taksona, nisu imale značajan uticaj na diverzitet ovih zajednica.

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Rači

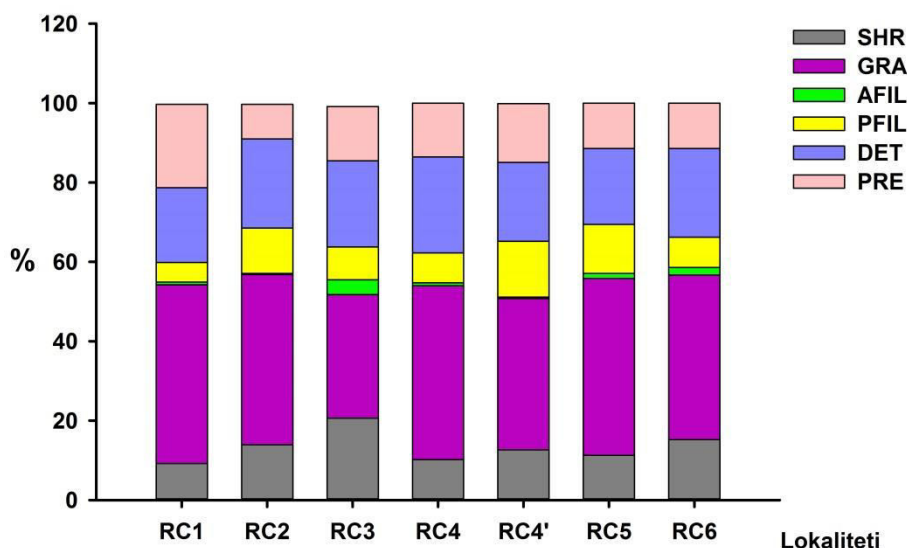
Statistički značajni porast vrednosti FBI indeksa od kontrolnih lokaliteta (RČ1 i RČ2) ka trećem, registrovan je na reci Rači (Tabela 46). Od vrlo dobrog kvaliteta, kakav je zabeležen na kontrolnim lokalitetima, vrednosti FBI indeksa jasno ukazuju da je kvalitet vode na trećem lokalitetu loš, i da je došlo značajnog organskog zagađenja (RČ3=5,19±0,13; Tabela 46). Na osnovu oporavka zajednice makrozoobentosa na lokalitetima nizvodno, zabeležene su niže vrednosti FBI indeksa koje ukazuju na vrlo dobar kvalitet vode u ovom delu toka. Vrednosti FBI indeksa, u slučaju reke Rače, jasno daju sliku o uticaju ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, kroz porast organskog zagađenja na trećem lokalitetu.

Oba modifikovana BMWP indeksa (MBMW_{po} i MBMW_{Par}), beleže statistički značajan pad vrednosti na trećem lokalitetu (113,90±7,83; 116,71±8,37, Tabela 46) u poređenju i sa kontrolnim lokalitetima i lokalitetima nizvodno (Tabela 46). Međutim, pošto su vrednosti oba indeksa veća od 100 na svim lokalitetima, interpretacijom njihovih rezultata dobija se informacija o odličnom kvalitetu vode, bez vidnog efekta

organskog zagađenja. Ista situacija, zabeležena je primenom MASPT_{po} i MASPT_{ar} indeksa, koji su pokazali sličnu osetljivost (Tabela 46).

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Rači

Indeksi zasnovani na apsolutnoj i relativnoj brojnosti EPT takosna, ne daju jasnu sliku o uticaju ribnjaka na reci Rači. U slučaju apsolutne brojnosti EPT taksona, najniža vrednost je dostignuta na drugom lokalitetu ($2340,28 \pm 731,49$), a statistički značajan porast u njihovom broju vezan je za peti lokalitet ($5394,57 \pm 999,72$; Tabela 46). EPT rel indeks je nešto osetljiviji, koji je pokazatelj statistički značajnog pada ukupnog učešća EPT taksona na trećem lokalitetu ($26,35 \pm 4,16$; Tabela 46). Statistički značajan porast u relativnoj brojnosti EPT taksona dostignut je na RČ4 i RČ4' lokalitetu (Tabela 46). Dva indeksa koji koriste familiju Baetidae kao indikaotrsku grupu, poakazala su uniformnost duž lokaliteta reke Rače. Kao i u slučaju Hyd/Tri indeksa, ne pokazuju statistički značajne promene u vrednostima između lokaliteta. Indeks zasnovan na trihoperama (Hyd/Tri) dostiže nešto veće vrednosti na lokalitetima RČ4' i RČ5, usled većeg učešća vrste *Hydropsyche angustipennis* (RČ4'=11,46%; RČ5=4,28%) i roda *Hydropsyche* na petom lokalitetu (10,24%).



Slika 51. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Rače.

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Rači

Struktura trofičkih grupa na reci Rači, ukazuje da je pastrmski ribnjak imao uticaja na pojedine osetljive grupe. Reku Raču odlikuje statistički značajno smanjenje udela strugača na lokalitetu ispod ribnjaka ($31,18 \pm 3,79$; na RČ3, Tabela 46). Smanjeno učešće ove trofičke grupe primetno je i na lokalitetu ispod šaranskog ribnjaka na RČ4', ali bez statističke značajnosti ($38,07 \pm 1,90$, Tabela 46, Slika 51). Od petog ka šestom lokalitetu, relativna brojnost sekača raste i približava se najviše zabeleženim vrednostima koje su dostignute na kontrolnim lokalitetima (RČ1 i RČ2, Tabela 46). Druga osetljiva grupa koju čine sekači, nije pokazala indikatora svojstva duž ispitivanog dela toka Rače, samo je na trećem lokalitetu registrovan njihov porast u ukupnoj brojnosti ($20,61 \pm 10,20$, Tabela 46). Pored strugača, jedina trofička grupa koja je osetljiva na efekte ribnjaka jesu aktivni filtratori, čije učešće statistički značajno raste na lokalitetu RČ3 (Slika 51), da bi na lokalitetima nizvodno, usled smanjenja njihove brojnosti, mogao da se konstatuje oporavak zajednice. Na nivou učešća ukupnih sakupljača, sakupljača žetelaca, kao i predatora, ne može se konstatovati da su ove trofičke grupe dobri pokazatelji uticaja ribnjaka (Slika 51). I u slučaju ukupnih sakupljača i u slučaju sakupljača žetelaca, nisu zabeležene statistički značajne oscilacije u njihovoj brojnosti. Takođe, oba indeksa koja predstavljaju odnos sekača i sakupljača (SHR/COLL) i odnos sakupljača filtratora i sakupljača žetelaca (UFIL/DET), nisu pokazala indikatorska svojstva.

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Rači

Sagledavši vrednosti indeksa saprobnosti duž odabranih lokaliteta na reci Rači, može se zaključiti da su varirale od jednog do drugog lokaliteta. Statistički značajan porast indeksa saprobnosti zabeležen je na trećem lokalitetu, ispod pastrmskog ribnjaka ($1,86 \pm 0,03$; Tabela 46), u odnosu na skoro sve lokalitete, izuzev lokaliteta RČ4'. Iako na lokalitetu RČ4 dolazi do oporavka dela vodotoka i pada indeksa saprobnosti, na lokalitetu RČ4' vrednost ovog indeksa opet raste ($1,74 \pm 0,06$; Tabela 46). Kontrolni lokaliteti, kao i lokaliteti RČ4 i RČ6, na osnovu dobijenih vrednosti indeksa saprobnosti, svrstavaju se u I klasu ekološkog statusa za tip 3 vodotoka (prema važećem Pravilniku "Službeni glasnik", br. 74/2011). Lokaliteti smešteni ispod ribnjaka, kao i lokalitet RČ5, svrstavaju se u drugu klasu ekološkog statusa. To ukazuje da je na ovom

delu toka reke Raške kvalitet vode odgovarao na prelasku između oligo ka beta-mezosaprobnoj zoni, kao i beta-mezosaprobnoj zoni.

f) Vrednosti RIZI indeksa makrozoobentosa u reci Rači

Na lokalitetima reke Rače, sastav zajednice makrozoobentosa se menja od lokaliteta ispod pastrmskog ribnjaka, što ukazuje i vrednost RIZI indeksa, koja je statistički značajno veća u odnosu na vrednosti na kontrolnim lokalitetima ($4,50 \pm 0,08$; Tabela 46). Od kontrolnih lokaliteta ka trećem lokalitetu, zajednica se longitudinalno “pomera” od epiritralne zone ka metaritrалnoj zoni. Najviša vrednost RIZI indeksa na trećem lokalitetu, direktna je posledica neposredne blizine ribnjaka na ovom lokalitetu. Usled statistički značajnog pada vrednosti ovog indeksa na lokalitetima nizvodno, dolazi do oporavka zajednice, ali ona i dalje ostaje u zoni metaritrала.

Tabela 46. Vrednosti različnih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Rače.

Kategorija indeksa/ Lokalitet	RČ1	RČ2	RČ3	RČ4	RČ4'	RČ5	RČ6
INDEKSI DIVERZITETA							
H uk	2,44±0,12 ^a	2,56±0,12 ^b	2,45±0,10 ^c	2,93±0,06 ^{a,b,c}	2,75±0,07 ^{a,c}	2,75±0,12	2,77±0,05 ^{a,c}
D uk	0,15±0,02 ^a	0,14±0,02	0,16±0,02 ^c	0,08±0,01 ^{a,c,d}	0,12±0,01 ^d	0,11±0,01 ^c	0,10±0,01 ^c
S uk	32,29±1,97 ^a	29,86±2,15 ^b	38,14±4,03	37,86±2,14 ^b	41,43±1,88 ^{a,b}	37,71±2,70 ^b	36,43±1,69 ^b
H EPT	1,66±0,14 ^a	2,11±0,10 ^{a,b}	1,87±0,11 ^{b,c}	2,30±0,09 ^{a,c,d}	2,00±0,05 ^a	2,19±0,08 ^{a,c}	2,01±0,06 ^{a,d}
H Chi	1,69±0,10	0,88±0,31 ^b	1,58±0,23 ^b	1,52±0,08 ^d	1,91±0,15 ^{b,d}	1,46±0,21	1,35±0,26
H Oli	—	—	—	—	—	—	—
D EPT	0,31±0,04 ^a	0,17±0,02 ^{a,b}	0,22±0,03 ^{b,c}	0,14±0,01 ^{a,c,d}	0,21±0,01 ^{b,d,e}	0,16±0,02 ^{a,e}	0,21±0,02 ^{b,d}
D Chi	0,23±0,02 ^a	0,42±0,13 ^{a,b}	0,31±0,08 ^b	0,29±0,03	0,21±0,04 ^b	0,36±0,07	0,33±0,06
D Oli	—	—	—	—	—	—	—
S EPT	13,43±1,04 ^{a,b}	14,29±0,68	14,86±1,34 ^c	19,00±1,53 ^{a,b}	18,29±1,13 ^{a,b}	18,57±1,00 ^{a,b,c}	16,14±0,91
S Chi	8,00±0,82	4,14±1,53 ^b	0,57±2,47 ^b	7,29±0,81 ^d	0,57±1,00 ^{b,d}	8,43±1,17 ^b	8,86±1,67
S Oli	0,14±0,14	0,86±0,14	0,57±0,57	0,71±0,57	0,14±0,14	0,57±0,43	0,43±0,30
BIOTIČKI INDEKSI							
FBI	3,66±0,25 ^a	4,05±0,14 ^b	5,19±0,13 ^{a,b}	3,90±0,14	3,90±0,12	4,15±0,14	3,92±0,27
MBMWPpo	132,16±8,44	136,97±7,08	113,90±7,83	140,69±4,82	148,26±4,91	151,24±11,94	143,73±8,73
MBMWPar	130,71±9,05 ^a	142,07±8,03 ^b	116,71±8,37 ^{b,c}	144,56±4,08 ^c	154,21±4,28 ^{a,c}	156,37±12,34 ^c	148,13±8,57 ^c
MASPTpo	7,32±0,11 ^a	7,19±0,15 ^b	6,31±0,12 ^{a,b,c}	7,38±0,19 ^c	7,22±0,14 ^{c,e}	7,58±0,08 ^{b,c,e}	7,27±0,13 ^c
MASPTar	7,88±0,18 ^a	7,76±0,22 ^b	6,57±0,13 ^{a,b,c}	7,91±0,29 ^c	7,61±0,13 ^{c,e}	8,04±0,13 ^{c,e}	7,73±0,18 ^c
EPT ZASNOVANI INDEKSI							
EPT rel	50,48±6,11 ^a	50,54±7,82 ^b	26,35±4,16 ^{a,b,c}	70,24±2,59 ^{a,c,d}	71,40±2,18 ^{a,b,c,e}	51,48±5,59 ^{c,d,e}	56,25±3,88 ^{c,d,e}
EPT ap	3777,57±740,52	2340,29±731,49 ^a	3176,00±698,43	3773,86±614,56	5394,57±999,72 ^a	4523,00±1365,98	2824,29±374,78
Bae/Eph	0,55±0,13	0,71±0,08	0,68±0,14	0,77±0,07	0,69±0,07	0,77±0,06	0,67±0,06
Bae/Hep+Bae	0,44±0,12	0,61±0,07	0,67±0,12	0,60±0,05	0,53±0,08	0,60±0,10	0,51±0,09
Hyd/Tri	0,51±0,13	0,46±0,09	0,49±0,08	0,46±0,10	0,54±0,10	0,55±0,06	0,30±0,09
TROFIČKI INDEKSI							
SHR/COLL	0,62±0,28	0,48±0,14	0,63±0,12	0,4±0,17	0,40±0,10	0,35±0,08	0,56±0,15
UFIL/DET	0,51±0,18	0,89±0,55	0,71±0,21	0,37±0,06 ^d	0,97±0,31	0,76±0,17 ^d	0,49±0,09
SHR	9,21±3,51 ^a	13,94±3,34 ^a	20,61±10,20 ^a	10,20±3,10	12,69±2,74	11,26±2,22	15,22±3,65
GRA	45,00±2,82	42,86±3,73 ^b	31,18±3,79 ^{b,c}	43,80±2,72 ^c	38,07±1,90 ^c	44,62±3,75	41,53±3,92
DET	18,78±4,97	22,44±4,04	21,69±3,34	24,14±2,80	19,91±2,92	19,13±1,70	22,34±3,79
COLL	24,44±4,61	34,18±4,38	33,70±3,28	32,40±3,42	34,34±2,22	32,71±2,52	31,83±3,79
PRE	21,07±1,68 ^a	8,71±1,42 ^{a,b}	13,65±2,53 ^a	13,57±0,51 ^{a,b}	14,77±1,73 ^{a,b}	11,41±1,09 ^a	11,38±1,17 ^a
Indeks saprobnosti po Z&M	1,58±0,06 ^a	1,57±0,02 ^b	1,86±0,03 ^{a,b,c}	1,65±0,06 ^c	1,74±0,06 ^b	1,73±0,04 ^{b,c}	1,58±0,08 ^c
RIZI indeks	3,53±0,14 ^a	3,63±0,04 ^b	4,50±0,08 ^{a,b,c}	3,85±0,15 ^c	3,91±0,16 ^c	4,02±0,12 ^{a,b,c}	3,86±0,24 ^c

4.5.9. Metričke osobine zajednica makrozoobentosa na istraživanom delu toka reke Mlave

a) Vrednosti indeksa diverziteta makrozoobentosa u reci Mlavi

Na reci Mlavi, najveći specijski diverzitet konstatovan je na petom lokalitetu, na kom se se uočava statistički značajna razlika u ukupnom broju pronađenih taksona u odnosu na ostale lokalitete (Tabela 46). Najniži diverzitet registrovan je na drugom lokalitetu, što se ogleda kroz vrednosti Šenonovog i Simpsonovog indeksa, koje su statistički značajno niže, odnosno više, u odnosu na vrednosti na četvrtom i petom lokalitetu (Tabela 46). Razlog najviše, odnosno najniže vrednosti ova dva indeksa na petom lokalitetu jeste prisustvo većeg broja registrovanih EPT taksona (EPT sp), čiji je diverzitet niži na lokalitetima ispod pastrmskog ribnjaka, ali i na prvom kontrolnom lokalitetu, usled specifične izvorske zajednice makrozoobentosa. Shodno tome, kada su izračunati indeksi diverziteta samo za EPT grupu (Tabela 46), ustanovljeno je da značajan doprinos diverzitetu zajednica makrozoobentosa na lokalitetima udaljenijim od ribnjaka upravo daje ova indikatorska grupa. Posmatrajući indeks diverziteta samo u odnosu na hironomide, nešto veći broj vrsta konstatovan je na trećem lokalitetu, ali generalno statistički značajne razlike u vrednostima sva tri tipa indeksa nisu konstatovane (Tabela 46). Oligohete su imale značajno manji doprinos diverzitetu čitave zajednice duž istraživanih lokaliteta reke Mlave.

b) Vrednosti biotičkih indeksa makrozoobentosa u reci Mlavi

Na reci Mlavi, vrednost FBI indeksa pokazuje da je na lokalitetu ispod pastrmskog ribnjaka voda znatno lošeg kvaliteta, usled značajnog organskog zagađenja ($ML2=6,35\pm 0,16$). Ona je statistički značajno veća u odnosu na vrednosti zabeležene na svim lokalitetima (Tabela 47). Od trećeg ka petom lokalitetu FBI indeks opada, ali od četvrtog lokaliteta, usled autopurifikacione moći reke Mlave na ovom delu toka, kvalitet vode postaje dobar, ukazujući na umereno organsko zagađenje.

Zbog specifičnosti prvog, kontrolnog lokaliteta na reci Mlavi, korišćenjem modifikovanih verzija BMWP i ASPT indeksa (MBMWP_{po} i MBMWP_{par}), pokazano je da je voda na ovom lokalitetu najlošijeg kvaliteta, iako hemijske analize to nisu potvrdile (videti poglavlje 4.3.2). Na ovom lokalitetu, koji predstavlja tipično

limnokreno vrelo, zajednice makrozoobentosa su siromašnije taksonima (videti poglavlje 4.1.9) i zato, primenom ovih indeksa daju lošiju sliku o kvalitetu vode. Oba indeksa na prva dva lokaliteta nizvodno od ribnjaka (ML2, ML3) potvrđuju uticaj organskog zagađenja na zajednice makrozoobentosa, što se upravo vidi i kroz njihov sastav. Na ovom delu toka konstatuje se izmenjen kvalitet vode, da bi na četvrtom i petom lokalitetu, na osnovu statistički značajnog porasta u vrednostima indeksa (Tabela 47), kvalitet vode dobio dobar status. Vrednosti MASPT_{po} i MASPT_{ar} indeksa na drugom i trećem lokalitetu takođe su ukazale na sumnjiv kvalitet vode, koje od četvrtog ka petom lokalitetu statistički značajno rastu, veće su od šest, ukazujući na čistiju vodu (Tabela 47).

c) Vrednosti EPT zasnovanih indeksa makrozoobentosa u reci Mlavi

Efekat ribnjaka na zajednice makrozoobentosa na reci Mlavi, može se sagledati kroz učešće EPT taksona u ukupnoj zajednici makroinvertebrata. I u slučaju apsolutne i u slučaju relativne brojnosti taksona vidi se jasan uticaj ribnjaka na ove osetljive grupe. Naime, statistički značajne razilke u relativnoj brojnosti zabeležena su između prva tri lokaliteta (ML1, ML2 i ML3) i poslednja dva (Tabela 47). I na osnovu apsolutne brojnosti EPT taksona, vide se razlike, gde se uočava statistički značajan porast u brojnosti EPT taksona na poslednja dva lokaliteta (Tabela 47). Indeks zasnovan na odnosu brojnosti familije Baetidae i ukupnih Ephemeroptera dostiže najveću vrednost na prvom lokalitetu, upravo zbog prisutnosti samo ove familije Ephemeroptera. Njegove vrednosti statistički značajno opadaju na poslednjem lokalitetu (ML5, Tabela 47). To se može uočiti i na nivou indeksa Bae/Bae+Hep, koji je jasan pokazatelj da na lokalitetima bliže ribnjaku, manje osetljiva familija Baetidae ima značajniju ulogu u formiranju zajednica Ephemeroptera. Na poslednjem lokalitetu, usled statistički značajnog pada vrednosti ovog indeksa (Tabela 47), osetljivi taksoni iz familije Heptagenidae usled porasta učešća (ML2=0,022%; ML5=0,37%), značajnije doprinose ukupnoj zajednici Ephemeroptera. Indeks Hyd/Tri nije mogao biti pokazatelj organskog zagađenja poreklom od ribnjaka, usled odsustva ovog roda na istraživanim lokalitetima reke Mlave.

Tabela 47. Vrednosti različitih grupa indeksa na istraživanim lokalitetima reke Mlave.

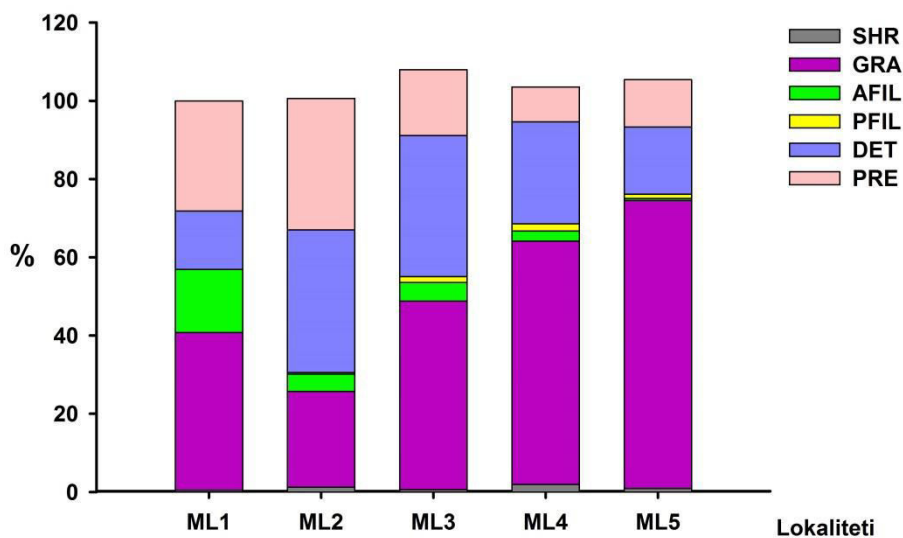
Kategorija indeksa/ Lokalitet	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5
INDEKSI DIVERZITETA					
H uk	0,99±0,24 ^a	0,45±0,16 ^{a,b}	0,64±0,17 ^c	1,06±0,18 ^b	1,52±0,14 ^{b,c}
D uk	0,56±0,11 ^a	0,84±0,06 ^{a,b}	0,75±0,08 ^c	0,59±0,07 ^b	0,40±0,06 ^{b,c}
S uk	13,86±2,25 ^a	18,29±2,22 ^b	20,86±2,29 ^c	22,00±2,74 ^{a,d}	28,57±2,55 ^{a,b,c,d}
H EPT	0,10±0,10 ^a	0,81±0,16 ^{a,b}	0,87±0,18 ^{a,c}	1,23±0,16 ^a	1,57±0,17 ^{a,b,c}
H Chi	0,86±0,15	0,85±0,19	1,14±0,14	1,10±0,29	1,03±0,28
H Oli	—	—	—	—	—
D EPT	0,93±0,07 ^a	0,49±0,09 ^a	0,53±0,10 ^{a,c}	0,39±0,06 ^a	0,31±0,06 ^{a,c}
D Chi	0,52±0,09	0,55±0,09	0,41±0,07	0,49±0,14	0,50±0,13
D Oli	—	—	—	—	—
S EPT	0,57±0,30 ^a	2,71±0,42 ^{a,b,c}	3,71±0,57 ^{a,c}	6,57±0,92 ^{a,b,c,d}	10,86±1,60 ^{a,b,c,d}
S Chi	4,71±1,08	4,57±1,49	5,86±1,01	5,14±1,42	5,29±1,76
S Oli	1,86±0,70	1,71±0,52	3,29±0,68 ^c	1,43±0,30 ^c	2,00±0,44
BIOTIČKI INDEKSI					
FBI	5,55±0,22 ^a	6,35±0,16 ^{a,b}	5,98±0,32 ^c	4,92±0,20 ^{b,e}	4,51±0,22 ^{a,b,c}
MNWHpo	36,16±5,70	60,73±2,73	65,79±5,17	85,84±9,25	119,06±8,66
MNWHar	33,67±5,64 ^a	56,43±2,67 ^{a,b}	66,10±5,15 ^{a,c}	89,64±9,46 ^{a,b,c}	120,04±9,38 ^{a,b,c}
ASPTpo	4,85±0,13 ^a	5,29±0,15 ^{a,b}	5,70±0,13 ^{a,c}	6,21±0,13 ^{a,b,c,d}	6,64±0,13 ^{a,b,c,d}
ASPTar	4,84±0,19 ^a	5,07±0,26 ^b	5,73±0,19 ^{a,c}	6,49±0,13 ^{a,b,c}	6,81±0,20 ^{a,b,c}
EPT ZASNOVANI INDEKSI					
EPT rel	0,10±0,06 ^a	0,62±0,44 ^b	3,00±2,58 ^c	6,46±2,63 ^{a,b,c}	17,10±7,35 ^{a,b,c}
EPT ap	15,86±10,83 ^a	199,14±124,66 ^{a,b}	592,43±481,48 ^{a,c}	1042,71±508,85 ^a	2345,14±986,72 ^{a,b,c}
Bae/Eph	—	1,00±0,00 ^a	0,83±0,17 ^c	0,61±0,18	0,25±0,13 ^{a,c}
Bae/Hep+Bae	—	1,00±0,00 ^b	0,63±0,24 ^c	0,62±0,17	0,26±0,14 ^{b,c}
Hyd/Tri	—	—	—	—	—
TROFIČKI INDEKSI					
SHR/COLL	0,21±0,2	0,11±0,07	0,02±0,006	0,13±0,11	0,06±0,03
UFIL/DET	1,62±1,06 ^a	0,24±0,11	0,22±0,11	0,14±0,08 ^a	0,12±0,04 ^a
SHR	0,44±0,29	1,23±0,45	0,59±0,21	1,95±1,55	0,89±0,40
GRA	40,32±5,15 ^a	24,48±4,95 ^{a,b}	48,21±4,79 ^c	62,21±4,82 ^{a,b}	73,68±2,96 ^{a,b,c}
DET	14,93±4,21 ^a	36,47±8,33 ^{a,b}	36,02±5,54 ^{a,c}	26,06±3,06	17,23±2,88 ^{b,c}
COLL	31,09±9,45	41,30±8,74 ^b	42,30±5,57 ^c	30,50±5,15	18,78±2,63 ^{b,c}
PRE	28,11±9,68	33,60±7,28 ^b	16,89±4,52	8,91±2,52 ^b	12,08±2,98 ^b
Indeks saprobnosti po Z&M	2,02±0,08	2,44±0,15	1,94±0,05	1,72±0,06	1,68±0,05
RIZI indeks	4,21±0,26	4,67±0,13 ^b	4,57±0,07 ^c	4,14±0,08 ^{b,c}	4,09±0,10 ^c

d) Vrednosti trofičkih indeksa makrozoobentosa u reci Mlavi

Sa stanovišta trofičkih grupa, uticaj ribnjaka na zajednice makrozoobentosa može se sagledati kroz učešće četiri grupe. Strugači su pokazali izuzetnu osetljivost, što

se vidi kroz statistički značajno smanjenje učešća na lokalitetu neposredno ispod pastrmskog ribnjaka ($24,48 \pm 4,95$; Tabela 47). Od trećeg lokaliteta, relativna brojnost strugača ponovo raste, da bi na poslednjem lokalitetu dostigla maksimalnu vrednost (Slika 52). Među osetljivom grupom registrovani su ukupni sakupljači i sakupljači žeteoci, sa statistički značajnim porastom učestalosti na lokalitetu ML2, samo kod druge grupe ($36,47 \pm 8,33$; Tabela 47). Od trećeg lokaliteta njihova učestalost opada, što ukazuje na oporavak zajednice makroinvertebrata na ovom delu toka Mlave.

Ukupan udeo sakupljača filtratora (AFIL+PFIL) u odnosu na sakupljače žetelace je znatno manji (Slika 52) i kao grupa nisu informativni za procenu uticaja ribnjaka na zajednice makrozoobentosa. Upravo iz tog razloga, indeks zasnovan na odnosu sakupljača filtratora i sakupljača žetelaca nije bio osetljiv. Takođe, iz razloga što sekači nisu pokazali osetljivost na efekte organskog zagađenja poreklom sa ribnjaka, indeks zasnovan na odnosu sekača naspram ukupnih sakupljača, nije bio informativan, odnosno nema statističke značajnosti (Tabela 47). Povećano učešće predatora na drugom lokalitetu ukazuje na postojanje uticaja ribnjaka, usled prisustva predatorske vrste pijavice.



Slika 52. Procentualno učešće funkcionalnih trofičkih grupa na lokalitetima reke Mlave.

e) Vrednosti indeksa saprobnosti makrozoobentosa u reci Mlavi

Statistički značajan porast indeksa saprobnosti registrovan je na drugom lokalitetu reke Mlave ($2,44 \pm 0,15$; Tabela 47), svrstavajući ovaj deo toka u III klasu

ekološkog statusa za tip 3 vodotoka (prema važećem Pravilniku "Sužbeni glasnik", br. 74/2011). U odnosu na saprobiološku zonu, kvalitet vode na trećem lokalitetu odgovara beta do alfa-mezosaprobnoj zoni. Nizvodno, do poslednjeg istraživanog lokaliteta (ML5), može se konstatovati postepeni oporavak zajednica makrozoobentosa u odnosu na vrednosti indeksa saprobnosti, tako da se na petom lokalitetu deo toka reke Mlave nalazi na granici između I i II klase ekološkog statusa, što odgovara oligo-beta-mezosaprobnom stanju.

f) Vrednosti RIZI indeks makrozoobentosa u reci Mlavi

Na lokalitetima reke Mlave gde je vršeno uzorkovanje organizama makrozoobentosa, vrednosti RIZI indeksa ukazuju da ove zajednice, na osnovu njihovog sastava, pripadaju metaritrалnoj longitudinalnoj zoni. Statistički značajne razlike u vrednostima indeksa zapažaju se između drugog ($4,67 \pm 0,13$; Tabela 47) i nizvodnih lokaliteta (ML4 i ML5, Tabela 47). Na drugom lokalitetu najveća vrednost indeksa oslikava "pomeranje" zajednica makroinvertebrata ka hiporitrалnoj zoni, usled prisustva organskog zagađenja poreklom od ribnjaka. Na lokalitetima nizvodno, usled nižih vrednosti indeksa, može se registrovati oporavak zajednica usled prisustva vrsta koje su vezane za gornju ritrалnu zonu tekućica.

4.5. 10. Uporedna analiza vrednosti biotičkih parametara i intenziteta uticaja ribnjaka na njih

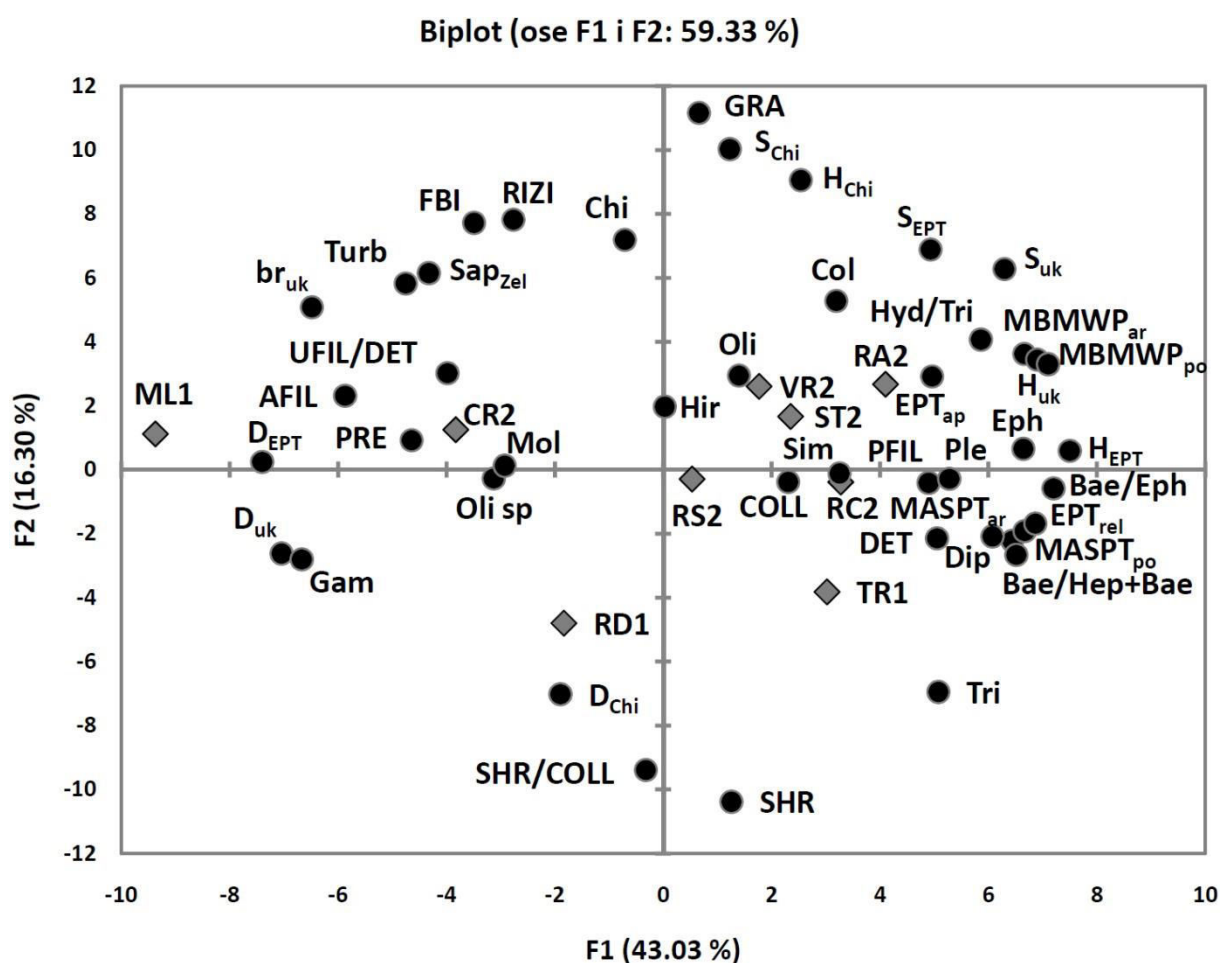
U ovom istraživanju korišćeno je 46 različitih biotičkih parametara kako bi se procenio uticaj uliva otpadnih voda pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, na 50 lokaliteta u devet reka, koji su uzorkovani sedam puta u toku jednogodišnjeg istraživanja. Iako su svi parametri detaljno prikazani po rekama gde je naglašen i uticaj ribnjaka, imajući u vidu njihov broj, da bi se utvrdilo koji su to parametri koji najintenzivnije i konstantno odgovaraju na utvrđene promene abiotičkih faktora pod dejstvom ribnjaka, neophodno je uraditi uporednu analizu dobijenih biotičkih parametara. U ovoj uporednoj analizi koristi se već korišćena metodologija za rešavanje sličnog problema uporedne analize abiotičkih faktora (poglavlje 4.4). Shodno tome, prvo su pomoću PCA uporedno analizirane vrednosti svih korišćenih biotičkih

parametara na kontrolnim lokalitetima najbližim ribnjacima, u svim rekama obuhvaćenih istraživanjima (Slika 53). Cilj ove analize je bio da se utvrde veze između kontrolnih zajednica makrozoobentosa koje bi mogle pomoći u razumevanju njihovih promena pod dejstvom pastrmskog ribnjaka.

U PCA biotičkih parametara na kontrolnim lokalitetima vodotokova zadržane su dve ose koje su objašnjavale 43,03% (F1) i 16,30% (F2) ukupne varijabilnosti analiziranih podataka. Kako F1 osa objašnjava gotovo tri puta više varijabilnosti jasno je da su promene duž nje daleko značajnije za razumevanje međuodnosa između istraživanih vodotokova i definisanje biotičkih parametara koji su najznačajniji za uspostavljanje tih odnosa. Ako se uporedi sa PCA analizom abiotičkih faktora na kontrolnim lokalitetima (Grafik 42) može se uočiti da je njihov raspored duž F1 ose gotovo istovetan. Naime, kontrolni lokaliteti u neposrednoj blizini izvora se nalaze na negativnoj polovini F1 ose (Mlava, Crnica i Radovanska reka), oni koji pripadaju gornjem (Rača, Rasina i Vrla), odnosno srednjem toku (Studnica i Trešnjica) su grupisani na pozitivnoj polovini, dok se kontrolni lokalitet na Raškoj, koji je svega 1,4 km nizvodno od velikog izvora reke Raške, nalazi između ove dve grupe, smešten u koordinatnom početku. Analiza biotičkih parametara koji uslovljavaju ovakav raspored pokazuje da su sa F1 osom najsnažnije povezani indeksi ukupnog diverziteta (H_{uk} , D_{uk} i S_{uk}) i diverziteta EPT taksona (H_{EPT} i D_{EPT}) i to Šenonov indeks i broj vrsta sa pozitivnim krajem, a Simpsonov indeks sa negativnim krajem F1 ose. Pored toga, snažno su povezani sa negativnim krajem F1 ose, odnosno veći su u izvorišnom regionu, ukupna brojnost i relativne brojnost Gammaridae, Turbellaria (pa time i učešće predatora) i u nešto manjoj meri Mollusca (Slika 53). Mali diverzitet, a velika brojnost organizama kao i dominantna zastupljenost Gammaridae, Turbellaria i Mollusca su sve tipične odlike regiona krenala. Ovo sve uslovljava da je podela kontrolnih lokaliteta na one koji pripadaju izvorišnom regionu i one van njega osnovna karakteristika uočenih međuodnosa između njih kako na osnovu abiotičkih faktora, tako i na osnovu biotičkih parametara.

Iako veoma slični, rezultati PCA analize abiotičkih i biotičkih faktora na kontrolnim lokalitetima pokazuju i neke bitne razlike. Ako posmatramo F1 osu one su pre svega vidljive među izvorišnim lokalitetima. Naime, u slučaju PCA abiotičkih faktora položaji ML1 i CR2 praktično su se preklapali, dok je RD1 bio izdvojen duž obe

ose. U slučaju biotičkih faktora CR2 je duž F1 ose daleko bliži RD1 nego ML1, dok RD1 i dalje ostaje izdvojen od CR1 i ML1 duž F2 ose. Ovako izolovan položaj ML1 je pre svega uslovljen gotovo potpunim odsustvom EPT taksona i njihovim izuzetno malim diverzitetom (Tabela 47) za šta će se pokazati da je izuzetno bitan faktor i u odgovoru zajednice na delovanje ribnjaka. RD1 je izdvojen ne samo u odnosu na CR1 i ML1, već i na sve ostale kontrolne lokalitete (izuzev TR1) duž F2 ose. Izdvajanje ova dva lokaliteta je posledica veoma malog diverziteta (male vrednosti H_{Chi} i S_{Chi} i visoke vrednosti D_{Chi}) i zastupljenosti familije Chironomidae, kao i najveće zastupljenosti sekača, najmanje strugača i najvećim odnosom sekača i sakupljača (Tabele 41 i 44).



Slika 53. Analiza glavnih komponenti izračunatih biotičkih parametara na kontrolnim lokalitetima najbližim ribnjaku u istraživanim vodotokovima (značenje skraćenica videti u poglavlju Materijal i metode).

Da bi se definisao intenzitet uticaja pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa u recipijentu moraju se prvo definisati oni biotički parametri koji su najosetljiviji na efekte ribnjaka. Kao mera uticaja je uzeto postojanje statistički značajne

razlike između vrednosti odgovarajućeg parametra na nizvodnom lokalitetu najbližem ribnjaku i one na kontrolnom lokalitetu najbližem ribnjaku (Tabele 48 i 49). Pristvo razlike je označeno sa "da", a pored toga naglašen je i smer promene, da bi se utvrdila konzistentnost uticaja ribnjaka na odgovarajući parametar.

Tabela 48. Sumarni prikaz postojanja statistički značajnih razlika ($P < 0,05$) između lokaliteta neposredno uzvodno i nizvodno od ribnjaka (**da** – postoji statistički značajna razlika), kao i pravca promena na lokalitetu nesposrdno nizvodno u odnosu na lokalitet i neposredno uzvodno od ribnjaka (\uparrow - raste, \downarrow - opada, \approx - ne menja se) u slučaju relativnih brojnosti taksonomskih grupa, ukupne brojnosti makroinvertebrata i trofičkih indeksa u svim istraživanim rekama.

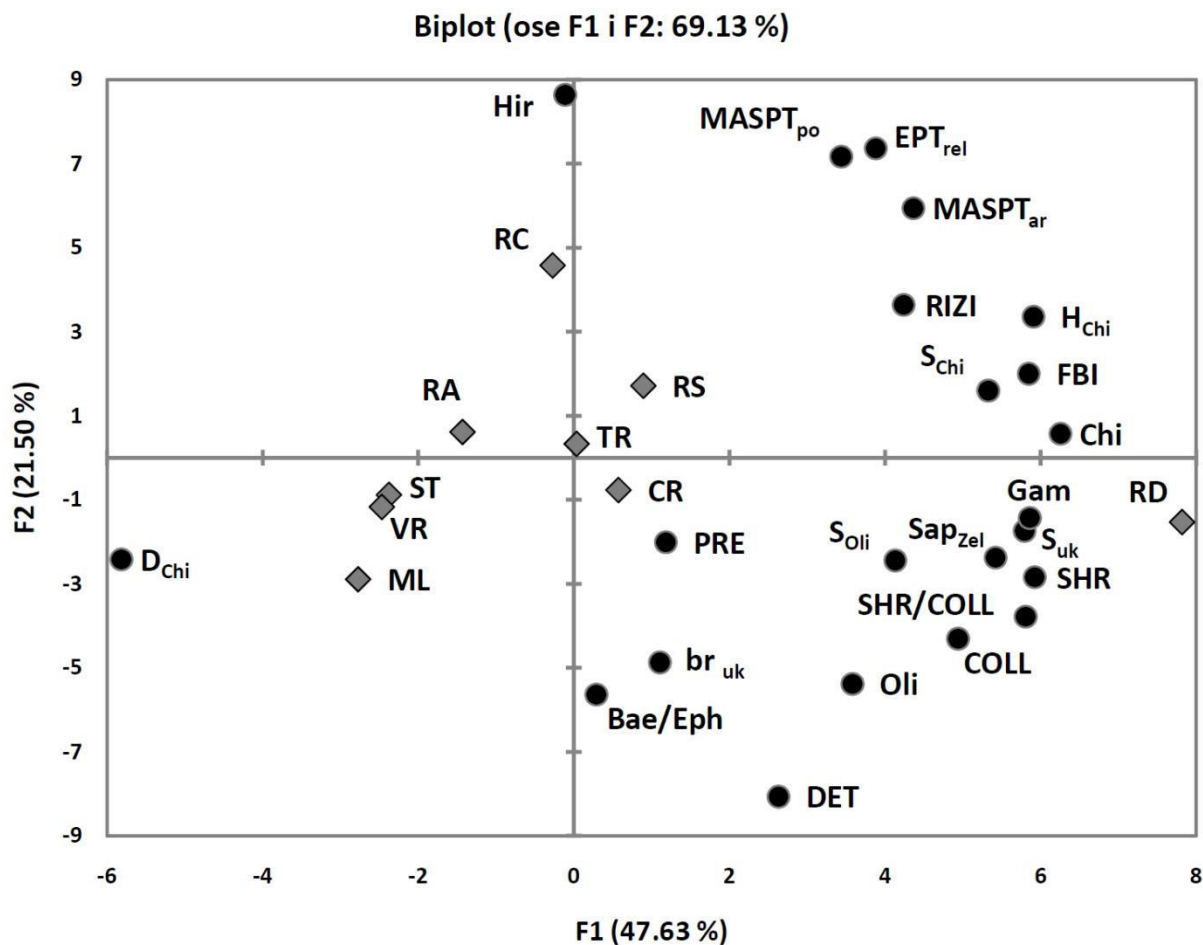
Reka / Parametar	CR	ML	RČ	RD	RA	RS	ST	TR	VR
Relativna brojnost									
Turbellaria %	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\approx	/	da \uparrow	da \downarrow
Mollusca %	\uparrow	da \downarrow	da \uparrow	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow
Oligochaeta %	da \uparrow	\uparrow	da \downarrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow
Hirudinea %	\approx	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow
Gammaridae %	\downarrow	da \uparrow	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	\downarrow	da \downarrow
Ephemeroptera %	\downarrow	\uparrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow
Plecoptera %	da \downarrow	\approx	da \downarrow	\downarrow	\downarrow	\downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow
Coleoptera %	\downarrow	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	\approx	\downarrow	\approx	\approx	\downarrow
Diptera	\approx	\downarrow	da \downarrow	\uparrow	\downarrow	\approx	\approx	da \downarrow	\uparrow
Simuliidae %	\uparrow	\uparrow	\approx	\approx	\uparrow	\uparrow	\approx	\approx	\uparrow
Chironomidae %	da \uparrow	\downarrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\downarrow	da \uparrow	\uparrow
Trichoptera %	\downarrow	\uparrow	da \downarrow	da \downarrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\downarrow	\downarrow
Ukupna brojnost	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\approx	\uparrow	da \uparrow	\approx
Trofički indeksi									
SHR/COLL	da \downarrow	\downarrow	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	da \downarrow
UFIL/DET	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	\approx	\downarrow	\downarrow
SHR	\downarrow	\uparrow	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	da \downarrow
GRA	\downarrow	da \downarrow	da \downarrow	\uparrow	\approx	\downarrow	\downarrow	da \uparrow	\approx
AFIL	\uparrow	\downarrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\approx	\uparrow
PFIL	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\approx	\uparrow
DET	da \uparrow	da \uparrow	\approx	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow
COLL	da \uparrow	\uparrow	\approx	da \uparrow	\approx	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow
PRE	\downarrow	\uparrow	\uparrow	da \downarrow	\approx	\approx	\downarrow	da \downarrow	da \downarrow

Iz Tabele 49 može se videti da su najosetljiviji parametri (koji su se menjali pod uticajem ribnjaka) FBI indeks čija je vrednost statistički značajno porasla pod uticajem svih 9 ribnjaka i indeks saprobnosti po Zelinki i Marvanu koji nije statistički značajno porastao samo u Rasini, mada je i u ovoj reci njegova srednja vrednost porasla. Zatim sledi nekoliko parametara koji se menjaju u po šest reka. Tako rastu Šenonov indeks za Chironomidae (H_{Chi}), procentualne zastupljenosti sakupljača žetelaca (DET) i ukupnih sakupljača (COLL), dok vrednosti MASPTar indeksa opadaju.

Veći broj parametara se statistički značajno menja pod uticajem 5 od 9 ribnjaka. Tako opada vrednost još jednog parametra sa značenjem indeksa saprobnosti, MASPTpo indeks koji predstavlja prosečnu indikatorsku vrednost svih familija prisutnih u uzorku. Takođe, rastu procentualne zastupljenosti Chironomidae ($Chi\%$) i Oligochaeta ($Oli\%$), dok zastupljenost EPT opada. Pored pomenutih, vrednosti RIZI i SHR/COLL indeksa statistički značajno padaju pod uticajem 5 od 9 ispitivanih reka. Od parametara koji se konzistentno menjaju u po četiri reke pored već pomenutog porasta ukupne brojnosti, raste i ukupni broj vrsta (S_{uk}) i broj vrsta Oligochaeta (S_{Oli}), dok zastupljenost sekača (SHR) opada. Od ostalih parametara konzistentne promene u više od dve reke karakterišu još Bae/Eph i Simpsonov indeks za Chironomidae (D_{Chi} , Tabela 49) koji rastu u tri reke (Tabela 49), kao i zastupljenost predatora (PRE, Tabela 48) i Gammaridae (Gam, Tabela 48) koji opadaju, opet u tri reke.

Treba reći da je daleko veća osetljivost na delovanje pastrmskog ribnjaka broj vrsta u odnosu na njihove ujednačenosti kao druge komponentne diverziteta, što se vidi u slučaju ukupnog diverziteta, ali i diverziteta hironomida i oligoheta (Tabela 49). Pored toga važno je naglasiti da u Mlavi ribnjak izaziva statistički značajan porast familije Gammaridae, a ne njihov pad kao u Radovanskoj reci i rekama Raški i Vrli (Tabela 48).

U odnosu na broj parametara koji su statistički značajno izmenjeni pod uticajem ribnjaka reke se mogu poredati u sledećem opadajućem nizu: RD (32) > TR (23) > RČ (22) > RS (21) > CR (19) > ML (16) > VR (11) > RA (8) > ST (7). Ako se uporedi sa odgovarajućim nizom dobijenim poređenjem abiotičkih faktora, može se uočiti da je ponovo najizraženiji efekat na Radovanskoj reci, a najmanji u Vrli, Rasini i Studenici. Osnovna razlika je neočekivano mali efekat u Mlavi i nešto manje u Crnici, a veći u Rači kada se uporedi sa brojem statistički značajno izmenjenih abiotičkih parametara, odnosno sa P_r/Q_{min} kao merom jačine delovanja pastrmskog ribnjaka.



Slika 54. PCA analiza amplituda promene 22 odabrana biotička parametra između lokaliteta neposredno nizvodno i neposredno uzvodno od ribnjaka na istraživanim vodotokovima (značenje skraćenica videti u poglavlju Materijal i metode).

U ovoj analizi jačine efekta uzet je u obzir samo kvalitativni karakter, u smislu da li ima ili nema promene odgovarajućeg parametra. Da bi se uzela u obzir i kvantitativna strana inteziteta delovanja ribnjaka, odnosno veličina promene i na osnovu toga klasifikovali ribnjaci, kao amplituda promene uzeta je razlika između vrednosti analiziranih parametra na nizvodnom lokalitetu najbližem ribnjaku i one na kontrolnom lokalitetu najbližem ribnjaku. Za analizu (pomoću analize glavnih komponenti, Slika 54) odabrani su samo oni biotički parametri koje je karakterisala istosmerna statistički značajna promena u najmanje tri reke.

U PCA promene odabranih biotičkih parametara između lokaliteta neposredno nizvodno i neposredno uzvodno od ribnjaka na istraživanim vodotokovima (Slika 54) zadržane su dve ose koje su objašnjavale 47,63% (F1) i 21,50% (F2) ukupne varijabilnosti analiziranih podataka. Kao što se vidi, osa F1 objašnjava daleko više varijabilnosti će se prvenstveno koristiti za definisanje rasporeda ribnjaka u odnosu na

jačinu njihovog dejstva na zajednice makrozoobentosa. Praktično svi odabrani parametri su skoncentrisani na pozitivnom kraju F1 ose što znači da njihova amplituda, pa time i jačina efekta ribnjaka, vrlo koordinisano raste od negativnog ka pozitivnom kraju F1 ose. U skladu sa kvalitativnom analizom, brojnost i diverzitet hironomida i indekse povezane sa nivoom saprobnosti karakteriše najveća amplituda promena pod dejstvom ribnjaka pošto su asocirani sa samim krajem F1 ose (Slika 54). Tu treba dodati i porast ukupnog broja vrsta (S_{uk}) kao i brojnost familije Gammaridae. Konzistentan i po amplitudi značajan porast broja vrsta po ulivu otpadne vode iz pastrmskog ribnjaka snažno ukazuje da iako sasvim jasan, efekat na zajednice makrozoobentosa nije degradirajući, tako da omogućava opstanak postojećih grupa, ali sa smanjenom zastupljenošću (EPT, Gammaridae), istovremeno omogućavajući porast brojnosti i raznovrsnosti tolerantnijih grupa (Chironomidae i Oligochaeta). Najmanja amplituda promena karakteriše D_{Chi} , Bae/Eph, PRE, br_u , parametre koji su najslabije povezani sa pozitivnim krajem F1 ose. Ove parametre karakterišu i najmanje kvalitativne promene, tako da se može doneti opšti zaključak da parametri koji se menjaju u više reka pod dejstvom ribnjaka odlikuje i veća amplituda promene.

Ako se analizira raspored reka duž F1 ose (Slika 54) i uporedi se sa onim dobijenim na osnovu kvalitativnih promena može se uočiti da su početak i kraj niza dobro usaglašeni. Tako Radovansku reku karakteriše najviše parametara koji se menjaju i najveća amplituda njihovih promena, dok je to isto slučaj, samo u obratnom smislu sa Vrlom, Studenicom i Rasinom. Do najznačajnijih odstupanja dolazi u slučaju Mlave, koju prema ovoj analizi karakteriše najmanja amplituda promene izabranih biotičkih parametara. Pad u odnosu na kvalitativni nivo promena je pre svega posledica činjenice da se od 22 analizirana biotička parametra čak sedam njih (Gammaridae%, Chironomidae%, SHR, PRE (Tabela 48), EPT_{rel} , $MASPT_{po}$ i $MASPT_{ar}$, Tabela 49) menja u suprotnom smeru u odnosu na ostale reke. Usled toga, dolazi do potiranja efekata promena amplitude onih biotičkih faktora (DET, FBI i indeks saprobnosti po Zelinki i Marvanu, Tabela 47) koje su u skladu sa ostalim rekama i koji spadaju u grupu najosetljivijih na efekte ribnjaka. Uzrok tome je dvojak. Prvo, na lokalitetu ispod ribnjaka potpuno neočekivano dolazi do velikog porasta zastupljenosti familije Gammaridae (Tabela 48), događaja koji je u potpunoj suprotnosti sa svim ostalim rekama izuzev Rače. Gammaridae su i u ML1 dominantne (64%, Slika 27) ali na ML2

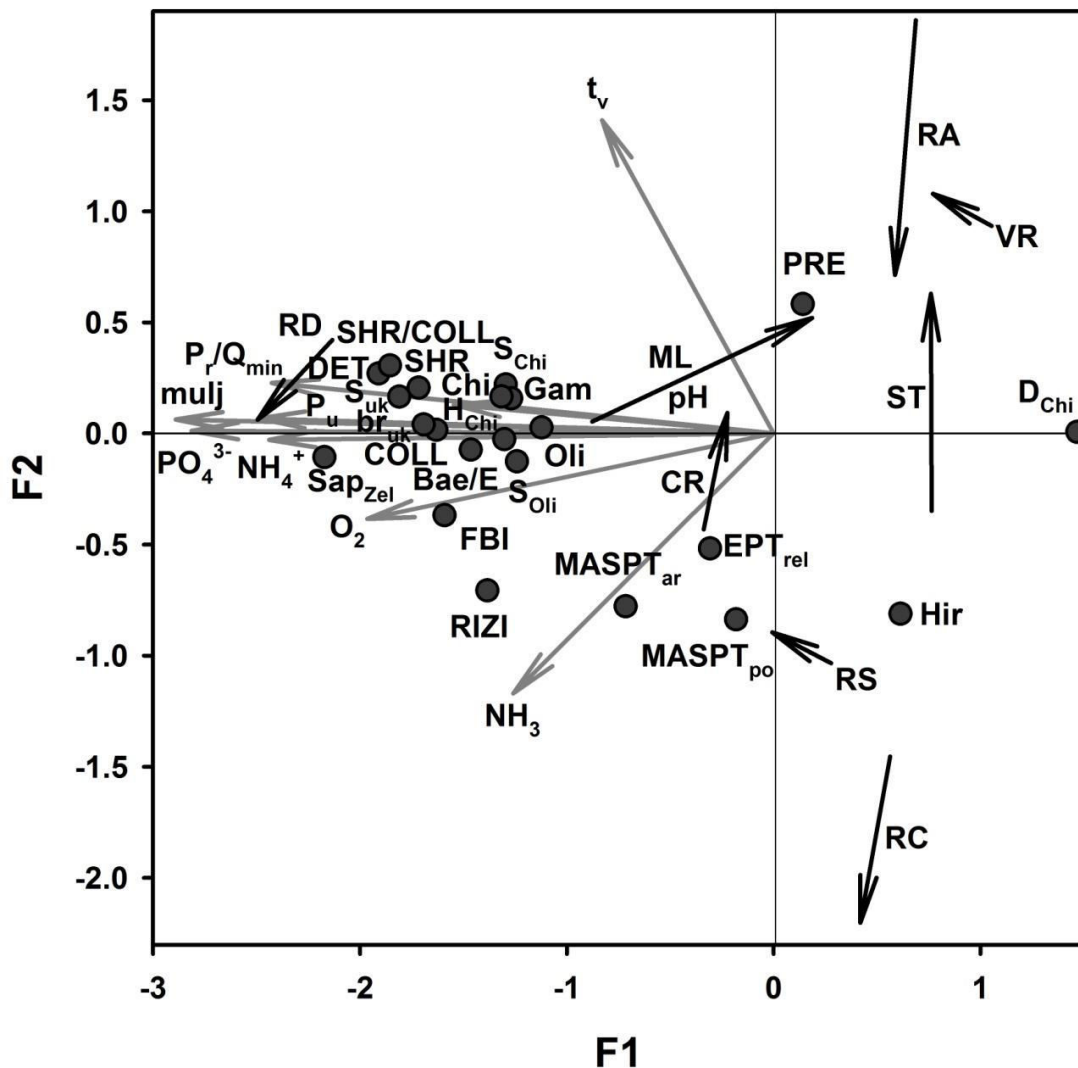
ta dominantnost ekstremno raste (91%, Slika 27). Drugi faktor je specifična zajednica makrozoobentosa na ML1 karakteristična za izvore, koja se odlikuje gotovo potpunim odsustvom EPT taksona ($EPT_{rel}=0,1\%$, $EPT_{ap}=16 \text{ ind/m}^2$, Tabela 47) i značajnom zastupljenošću Chironomidae (17,5%, Slika 27). Usled toga, čak i veoma mala brojnost EPT na ML2 ($EPT_{ap}= 199 \text{ ind/m}^2$), je dovela do porasta EPT_{rel} na 0,62% (tabela 47), dok kod Chironomidae, zbog velikog porasta brojnosti Gammaridae, na ML2 dolazi do smanjenja njihovog učešća na 2%.

Drugo značajno odstupanje u odnosu na raspored efekata ribnjaka prema kvalitativnoj analizi je povećanje efekta u Crnici, a smanjenje u Rači. Razlog tome je što su u slučaju Rače, slično kao u Mlavi, 8 od 22 analizirana parametra (Gammaridae%, Oligochaeta%, SHR, SHR/COLL, DET, COLL, PRE (Tabela 48) i S_{Chi} , (Tabela 49) karakterisale suprotnosmerne promene u odnosu na ostale reke. Nasuprot tome, iako se u Crnici statistički menjalo manje parametara nego u Rači, svi oni menjali su se na isti način kao i u većini ostalih reka. Kao rezultat, raspored efekata ribnjaka u odnosu na njihovu amplitudu mnogo bolje prati intenzitet dejstva ribnjaka procenjen pomoću P_r/Q_{min} nego u odnosu na kvalitativan kriterijum broja parametara koji se statistički značajno menjaju.

Da bi se utvrdila snaga veze između promena u abiotičkim faktorima sa promenama u sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa pod dejstvom ribnjaka, dve PCA analize kojima su nezavisno ispitani međudnosi između amplituda promena odabranih abiotičkih (Slika 33), odnosno biotičkih faktora (Slika 54) pod dejstvom ribnjaka, zajedno su analizirane koristeći metodu analize koinercije (CIA, Slika 55). CIA omogućava zajednački prikaz rezultata dve nezavisne analize maksimalno uvećavajući kovarijansu rezultata pojedinačnih analiza. Zajednička struktura između abiotičkih i biotičkih parametara prema rezultatima analize koinercije veoma je snažna što pokazuje velika vrednost koeficijenta korelacije duž F1 ose (0,91) i statistički značajna (Monte-Karlo permutacioni test, $P=0,037$). Zajednička struktura praktično je jednodimenzionalna pošto F1 osa objašnjava 86,9% kostrukture, dok F2 osa doprinosi sa svega 7,3% (Slika 55). Kako je zajednička struktura veoma snažna, položaj abiotičkih i biotičkih faktora u svim bitnim crtama odgovara njihovom položaju u pojedinačnim analizama koje su prethodno detaljno opisane i komentarisane, te nisu prikazane.

Tabela 49. Sumarni prikaz postojanja statistički značajnih razlika ($P < 0,05$) između lokaliteta neposredno uzvodno i nizvodno od ribnjaka (**da** – postoji statistički značajna razlika), kao i pravca promena na lokalitetu neposredno nizvodno u odnosu na lokalitet i neposredno uzvodno od ribnjaka (\uparrow - raste, \downarrow - opada, \approx - ne menja se) u slučaju indeksa diverziteta, biotičkih indeksa, saprobnog indeksa po Zelinki i Marvanu i RLZI indeksa u svim istraživanim rekama.

Reka / Parametar	CR	ML	RČ	RD	RA	RS	ST	TR	VR
Ind. diverziteta									
H uk	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\approx
D uk	\downarrow	da \uparrow	\uparrow	da \downarrow	\downarrow	\uparrow	\downarrow	\approx	\approx
S uk	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow
H EPT	\downarrow	da \uparrow	da \downarrow	da \uparrow	\approx	\approx	\uparrow	\approx	\uparrow
H Chi	da \uparrow	\approx	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\approx	da \uparrow	\uparrow
H Oli	da \uparrow	/	/	da \uparrow	/	da \uparrow	\uparrow	/	/
D EPT	\uparrow	da \downarrow	da \uparrow	da \downarrow	\approx	\downarrow	\approx	\approx	\downarrow
D Chi	\approx	\approx	da \downarrow	da \downarrow	da \downarrow	\downarrow	\approx	\downarrow	\uparrow
D Oli	da \downarrow	/	/	\downarrow	/	da \downarrow	\downarrow	/	/
S EPT	\downarrow	da \uparrow	\approx	\uparrow	\approx	\downarrow	\uparrow	da \uparrow	\uparrow
S Chi	da \uparrow	\approx	da \downarrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\downarrow	da \uparrow	\uparrow
S Oli	da \uparrow	\downarrow	\downarrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow
Biotički ind.									
FBI	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow
MBMW Ppo	\downarrow	\uparrow	\downarrow	da \uparrow	\approx	da \downarrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow
MBMW Par	\downarrow	da \uparrow	da \downarrow	da \uparrow	\approx	da \downarrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow
MASPTpo	da \downarrow	da \uparrow	da \downarrow	da \downarrow	\uparrow	da \downarrow	\approx	da \downarrow	\uparrow
MASPTar	da \downarrow	\uparrow	da \downarrow	da \downarrow	\uparrow	da \downarrow	da \downarrow	da \downarrow	\approx
EPT zasnovani									
EPT rel	\downarrow	\uparrow	da \downarrow	da \downarrow	da \downarrow	da \downarrow	\downarrow	da \downarrow	\approx
EPT ap	\approx	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	da \downarrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow
Bae/Eph	da \uparrow	/	\approx	da \uparrow	\approx	\uparrow	\downarrow	da \uparrow	\uparrow
Bae/Hep+Bae	da \uparrow	/	\uparrow	da \uparrow	\approx	\uparrow	\approx	\approx	\uparrow
Hyd/Tri	\approx	/	\approx	\uparrow	\approx	\approx	\uparrow	\uparrow	\approx
Ind.	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow
RLZI indeks	da \uparrow	\uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	da \uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow



Slika 55. Trojni grafik analize koinercije (CIA) koji prikazuje amplitude promena 9 abiotičkih faktora i 22 biotičkih parametara (sivi krugovi, značenje skraćenica videti u poglavlju Materijal i metode) pod dejstvom pastrmskog ribnjaka u 8 reka. Ordinacioni dijagram 9 normalizovanih abiotičkih faktora na CIA grafiku (značenje skraćenica videti u poglavlju Materijal i metode) prikazan je pomoću sivih strelica koje počinju iz koordinatnog početka. Standardizovani rezultati koinercije abiotičkih i biotičkih podataka za svaku reku su takođe proyetovani na F1xF2 faktorijalnu ravan. Početak crne strelice prikazuje položaj svake od reka u odnosu na abiotičke faktore, a njen vrh u odnosu na biotičke parametare.

Veća pažnja poklonjena je položaju reka koji je prikazan crnim strelicama čija osnova prikazuje položaj svake od reka u odnosu na abiotičke faktore a njen vrh u odnosu na biotičke parametare. Što je strelica duža veza između analiziranih abiotičkih i biotičkih faktora je slabija za datu reku.

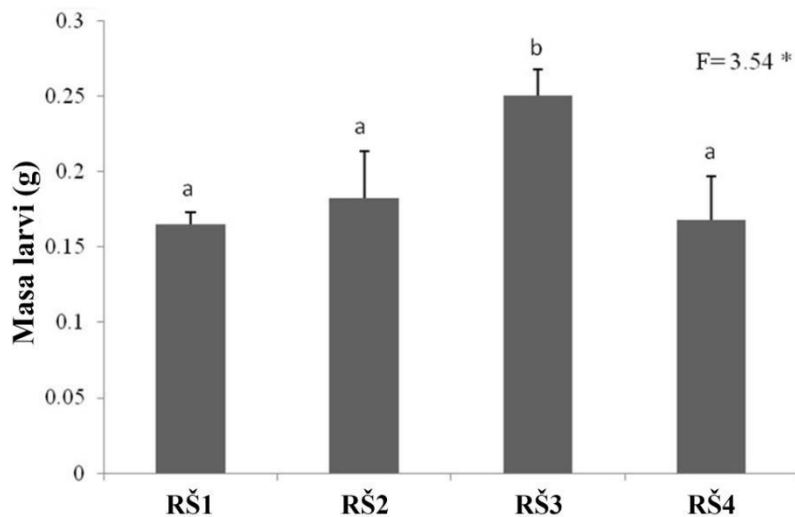
Kako je najveći deo zajedničke strukture opisan duž F1 ose obratiće se pažnja samo na komponentu dužine strelice duž ove ose. U tom smislu jasno je da je najslabija veza u reci Mlavi koju karakteriše najveća dužina strelice duž F1 ose. Pošto je strelica usmerena ka negativnom kraju F1 ose biotički parametri pokazuju mnogo manju amplitudu promene pod dejstvom ribnjaka od abiotičkih faktora. Ova pojava već je objašnjena neočekivanim porastom Gammaridae na lokalitetu ispod ribnjaka (ML2) i specifičnim sastavom izvorske zajednice makroinvertebrata na kontrolnom lokalitetu (ML1). Imajući ovo u vidu jasno je da je uticaj ribnjaka na zajednice makroinvertebrata poput onih u izvoru Mlave specifičan u odnosu na tipove zajednica na ostalim kontrolnim lokalitetima ispitanim u ovoj disertaciji i da se u daljim istraživanjima moraju potražiti parametri strukture ili sastava zajednice makrozoobentosa koji će ga bolje opisati.

Zajednička struktura između amplituda promena abiotičkih i biotičkih faktora pod dejstvom ribnjaka duž F1 ose je izuzetno snažna u drugim rekama ukazujući da amplituda promene abiotičkih faktora pod dejstvom ribnjaka veoma dobro objašnjava veličinu promene ispitivanih biotičkih parametara. Odnosno, da i jedni i drugi jako dobro opisuju efekat ribnjaka na ekosistem u svim rekama izuzev, Mlave. Mogu se uočiti samo veoma mala odstupanja. Tako su u Radovanskoj reci, Raškoj i Vrli amplitude promene biotičkih faktora veće nego što bi se očekivalo na osnovu amplituda promena abiotičkih faktora pošto su strelice blago usmerene ka negativnom kraju F1 ose.

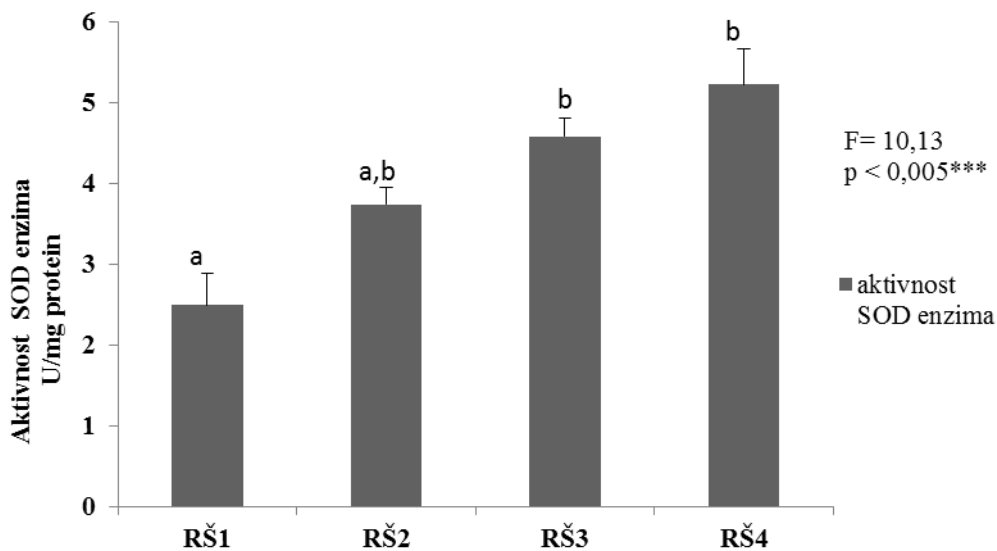
4.6. Uticaj pastrmskog ribnjaka na antioksidativnu odbranu larvi *Dinocras megacephala* Klapalek, 1907 (Plecoptera: Perlidae)

Superoksid dismutaza (SOD) i katalaza (CAT), kao dva glavna enzima antioksidativne odbrane, odabrani su kao biomarkeri za procenu i praćenje zagađenja pod uticajem pastrmskog ribnjaka u reci Raškoj, koristeći kao model organizam vrstu *Dinocras megacephala* Klapalek, 1907. Zbog svoje visoke osetljivosti na snižene koncentracije rastvorenog kiseonika i povišeno prisustvo organske materije u vodi, ova vrsta na larvalnom stadijumu pripada grupi bioindikatorskih organizama. Za potrebe

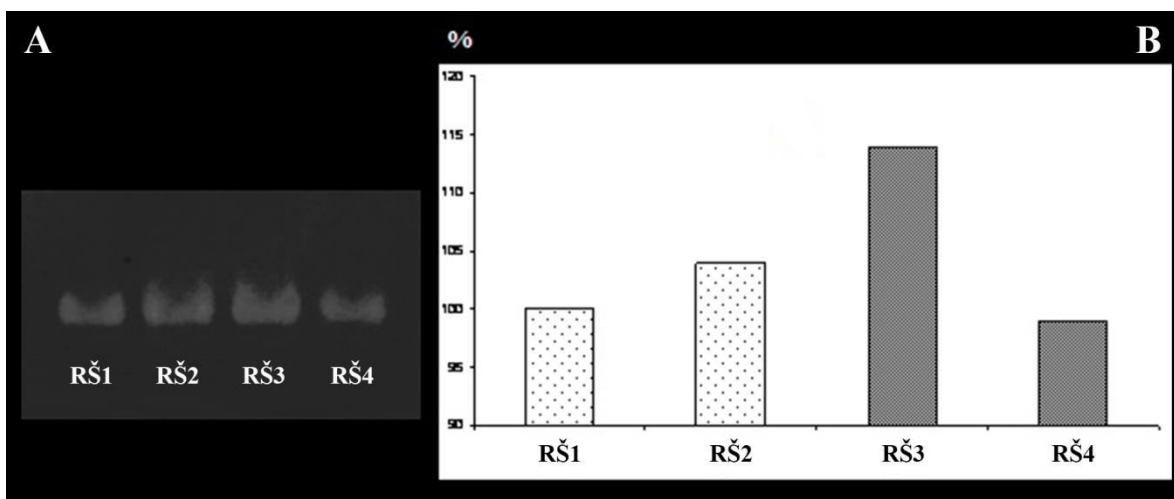
analize enzima SOD i CAT, u novembru 2012. godine, ukupno je prikupljeno 49 jedinki larvi ove vrste, iz četiri istraživana lokaliteta u reci Raškoj (dva lokaliteta uzvodno - RŠ1 i RŠ2, a dva nizvodno od pastrmskog ribnjaka - RŠ3 i RŠ4).



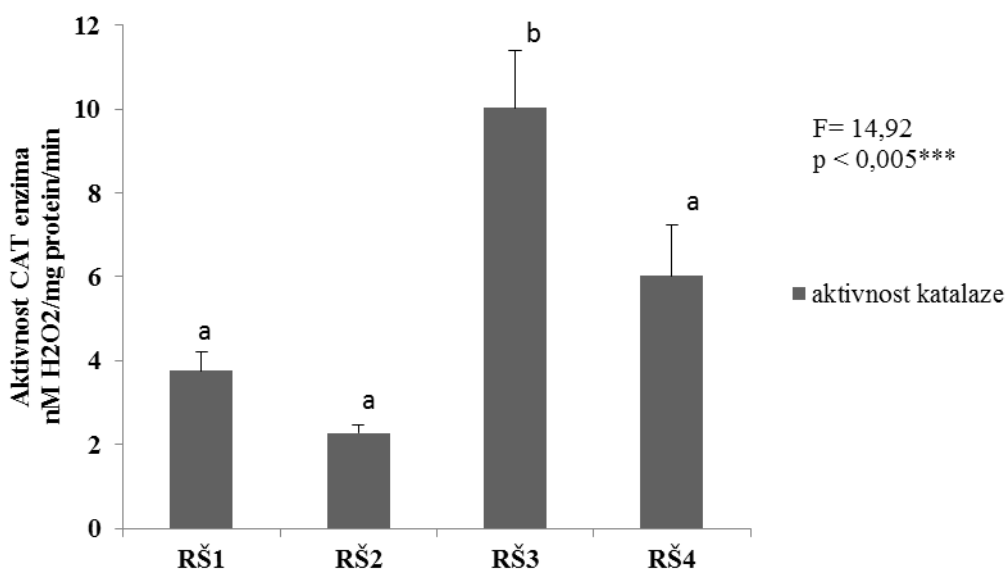
Slika 56. Prosečna biomasa jedinki *Dinocras megacephala* na četiri lokaliteta reke Raške, dva kontrolna (RŠ1 i RŠ2) i dva lokaliteta nizvodno od pastrmskog ribnjaka (RŠ3 i RŠ4). Rezultati su prikazani kao srednje vrednosti \pm standardne greške i poređeni su *post hoc* Fisher LSD testom. * $p < 0,05$ (značajna razlika u odnosu na kontrolu).



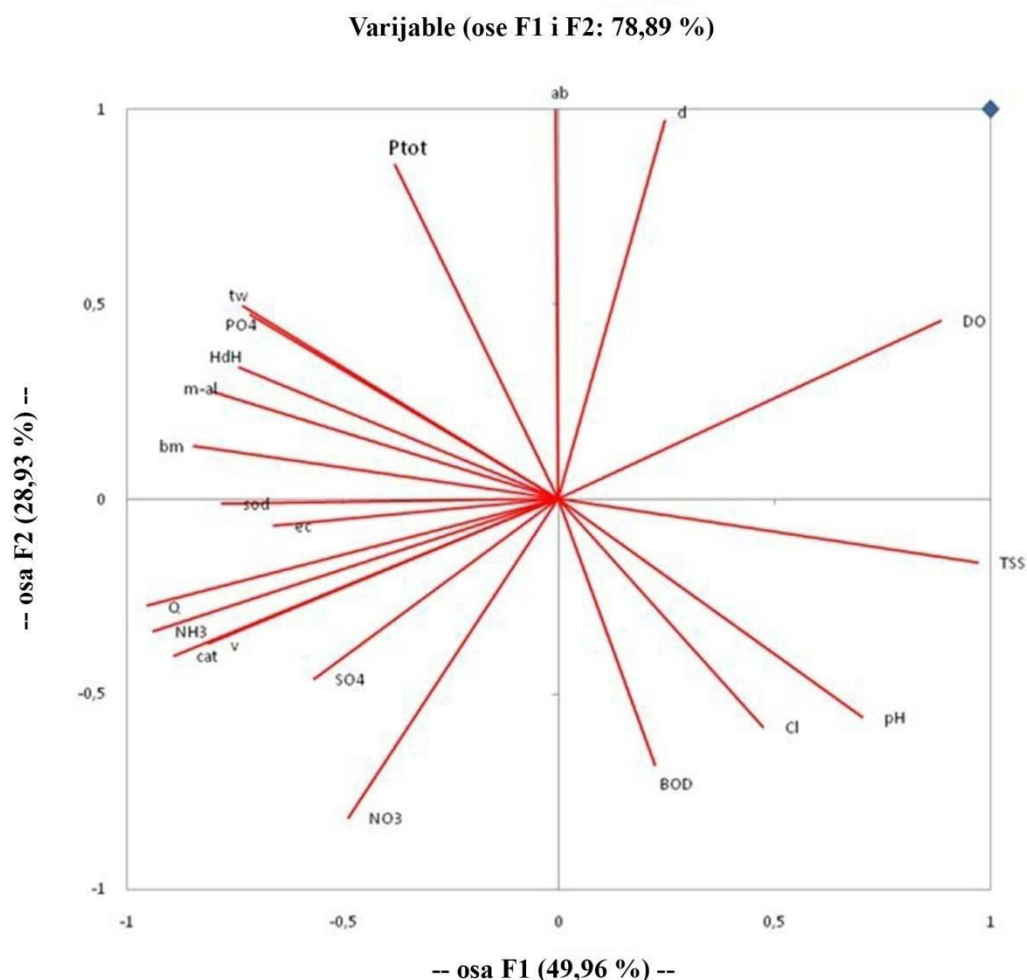
Slika 57. Aktivnost enzima superoksid dismutaze (SOD) kod vrste *Dinocras megacephala* na četiri lokaliteta reke Raške, dva kontrolna (RŠ1 i RŠ2) i dva lokaliteta nizvodno od pastrmskog ribnjaka (RŠ3 i RŠ4). Barovi predstavljaju srednje vrednosti \pm standardne greške. Značajnost efekta enzima testirana je jednofaktorskom analizom varijanse i poređena *post hoc* Fisher LSD testom (** $p < 0,001$).



Slika 58. Elektroforeza na nedenaturišućem poliakrilamidnom gelu kod vrste *Dinocras megacephala* za aktivnost enzima superoksid dismutaze (SOD). (A) profile SOD traka kod larvi sa četiri lokaliteta reke Raške, dva kontrolna (RŠ1 i RŠ2) i dva lokaliteta nizvodno od pastrmskog ribnjaka (RŠ3 i RŠ4); (B) Kvantifikacija SOD traka izvršena pomoću ImageJ 1.42q programa.



Slika 59. Aktivnost enzima katalaze (CAT) kod vrste *Dinocras megacephala* na četiri lokaliteta reke Raške, dva kontrolna (RŠ1 i RŠ2) i dva lokaliteta nizvodno od pastrmskog ribnjaka (RŠ3 i RŠ4). Barovi predstavljaju srednje vrednosti \pm standardne greške. Značajnost efekta enzima testirana je jednofaktorskom analizom varijanse i poređena *post hoc* Fisher LSD testom (***) $p < 0,001$.



Slika 60. Korelacioni matriks analize glavnih komponenti koji se koristi za opisivanje veze između sredinskih parametara (temperature vode [tw], rastvorenog kiseonika [DO], konduktiviteta [ec], ukupnih suspendovanih čestica [TSS], ukupnog fosfora [P_{tot}], ortofosfata [PO₄³⁻], ukupnog amonijaka [NH₄⁺], m alkaliniteta [m-al], tvrdoće vode [HdH], biološke potrošnje kiseonika za pet dana [BPK₅], nitrata [NO₃⁻], hlorida [Cl⁻], sulfata [SO₄²⁻], dubine vode [d], brzine vode [V], proticaja [Q] i pH), aktivnosti katalaze (CAT) i superoksid dismutaze (SOD) i biomase (bm) i abundance (ab) vrste *Dinocras megacephala* na istraživanim lokalitetima.

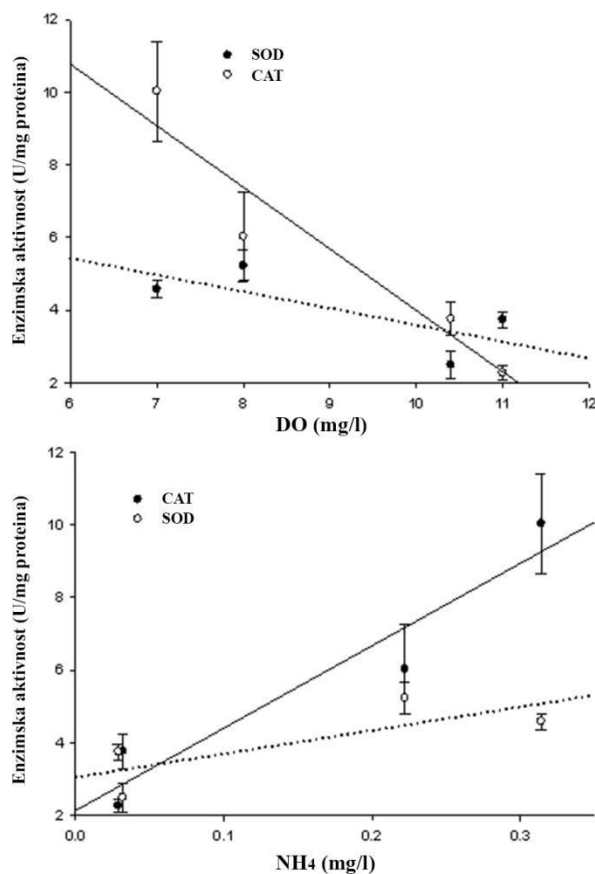
Kako bi se ustanovilo da li dolazi do porasta biomase larvi, zbog veće enegrije koju je potrebno uložiti u procese odbrane i reparacije u uslovima stresa, izvršena su merenja biomase larvi *D. megacephala* sa istraživanih lokaliteta. Konstatovano je da je biomasa larvi bila je značajno veća na lokalitetu neposredno ispod pastrmskog ribnjaka (RŠ3), u poređenju sa preostala tri lokaliteta (F=3,54; p<0,005; Slika 56).

Uticao pastrmskog ribnjaka se ogleda kroz značajan porast aktivnosti superoksid dismutaze (SOD) na lokalitetima ispod ribnjaka (RŠ3 i RŠ4) u poređenju sa prvim

kontrolnim lokalitetom (RŠ1; $F=10,13$; $p<0,005$); dok su vrednosti bile više u poređenju sa drugim (RŠ2) kontrolnim lokalitetom, ali bez statističke značajnosti (Slika 57).

Na poliakriamidnom gelu, zimogrami dobijeni za enzim SOD kod larve *D. megacephala*, bili su jače obojeni, tj. imali su veću gustinu trake (za 15%) na lokalitetu RŠ3, u poređenju sa prvim kontrolnim lokalitetom (Slika 58).

Isti trend je primećen i u slučaju aktivnosti enzima katalaze (CAT) ($F = 14,92$; $p<0,005$), gde organsko opterećenje poreklom sa pastrmskog ribnjaka evidentno indukuje oksidativni stres kod larvi *D. megacephala*. To se manifestuje kroz porast aktivnosti CAT enzima na prvom lokalitetu nizvodno od ribnjaka (RŠ3), u poređenju sa dva kontrolna lokaliteta (RŠ1 i RŠ2). Porast aktivnosti CAT enzima zabeležen je i na drugom lokalitetu nizvodno od ribnjaka (RŠ4, Slika 59).



Slika 61. Zavisnost aktivnosti enzima katalaze (CAT) i superoksid dismutaze (SOD) kod vrste *Dinocras megacephala* u odnosu na koncentracije (A) rastvorenog kiseonika (DO) i (B) amonijaka (NH_4^+) dobijenih pojedinačnim merenjem u novembru 2012. godine. Isprekidane i pune linije predstavljaju, redom, linearnu zavisnost podataka za SOD i CAT enzime.

Rezultati analize glavnih komponenti (Slika 60) jasno ukazuju da je prva - F1 osa, koja nosi najveći procenat varijabilnosti podataka, primarno determinisana amonijakom, rastvorenim kiseonikom, brzinom vode, proticajem i ukupnim suspendovanim česticama (linije sa najdužom projekcijom na osama). Kako linije postaju više paralelne, korelacija je veća; ako su suprotno orjentisane, korelacija postaje negativna. Na osnovu toga, katalaza (CAT) je u pozitivnoj korelaciji sa amonijakom ($R = 0,955$; $p = 0,045$) i brzinom vode ($R = 0,969$; $p = 0,031$), a u negativnoj korelaciji sa rastvorenim kiseonikom ($R = 0,956$; $p = 0,044$). Superoksid dismutaza (SOD) statistički je korelisana jedino sa konduktivitetom ($R = 0,984$; $p = 0,015$), dok druge korelacije nisu statistički značajne (Slike 60 i 61).

4.7. Taksonomska analiza larvi roda *Baetis* Leach, 1815

Tokom istraživanja uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa, poseban akcenat je usmeren na predstavnike larvi roda *Baetis*, kao jednog od dominantnih insekatskih rodova u okviru ovih zajednica. Morfološkim i molekularnim analizama, potvrđeno je ukupno sedam vrsta, unutar tri podroda:

- *Baetis (Baetis) alpinus* (*alpinus* grupa vrsta)
- *Baetis (Baetis) melanonyx* (*alpinus* grupa vrsta)
- *Baetis (Baetis) scambus* (*fuscatus* grupa vrsta)
- *Baetis (Baetis) lutheri* (*lutheri* grupa vrsta)
- *Baetis (Baetis) vernus* (*vernus* grupa vrsta)
- *Baetis (Nigrobaetis) muticus* (*gracilis* grupa vrsta)
- *Baetis (Rhodobaetis) rhodani* (*rhodani* grupa vrsta)

4.7.1. Morfološka analiza larvi roda *Baetis*

Pregledom mikroskopskih preparata analiziranih vrsta iz različitih populacija, dat je opis i prikaz struktura na kojima se nalaze bitni morfološki (meristički) karakteri (videti poglavlje Materijal i metode) koji omogućavaju razlikovanje vrsta. U zavisnosti

koliko je određeni karakter na pomenutim strukturama informativan, dat je njegov detaljan/manje detaljan opis. Ukoliko su određene strukture sa svojim obeležjima (npr. škrge) neinformativne za razlikovanje vrsta, one nisu opisane i prikazane.

4.7.1.1. *Baetis (Baetis) alpinus* (Pictet, 1843)

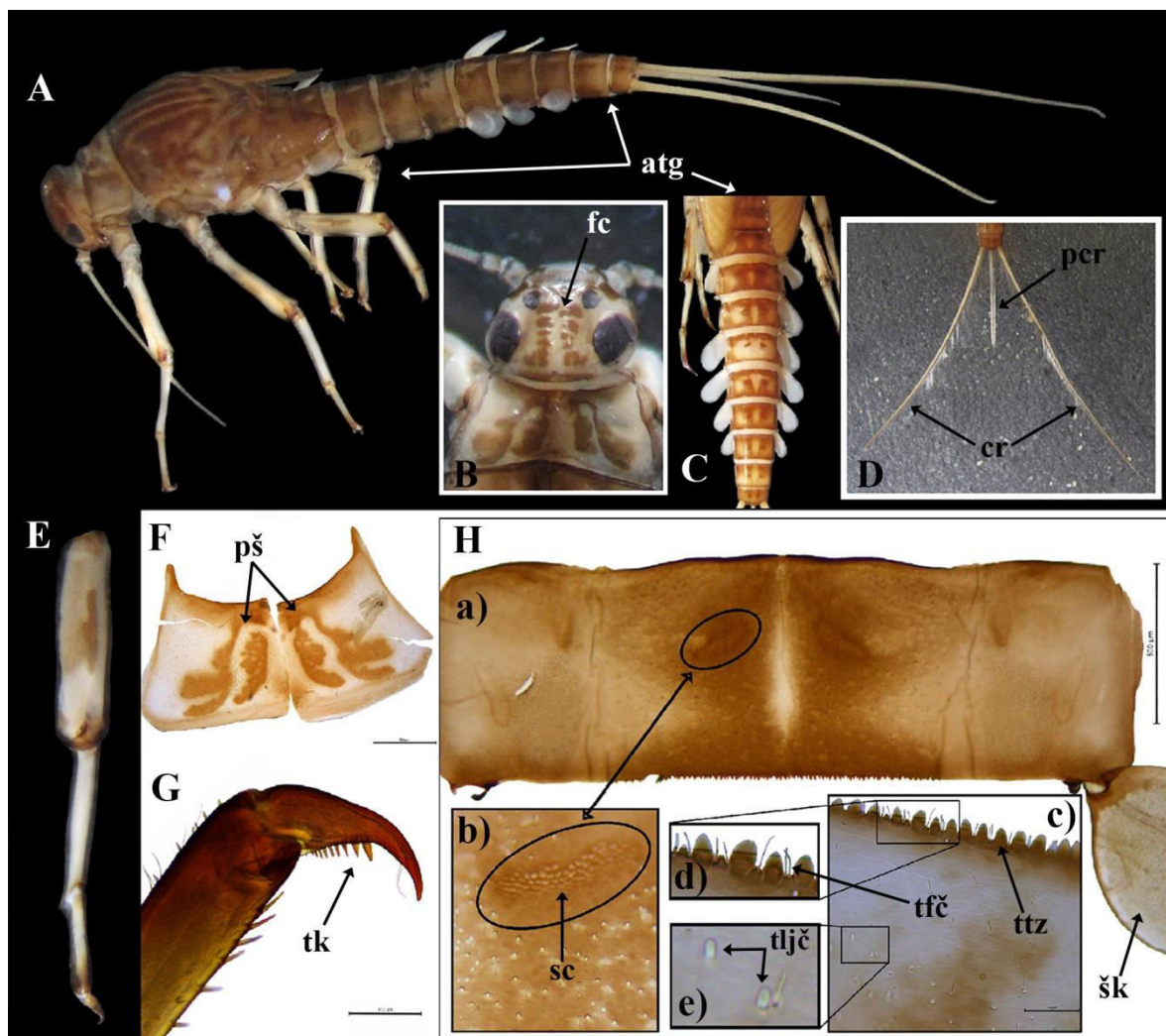
Ova vrsta je čest stanovnik brdsko-planinskih tekućica, karakteristična za zonu krenala do metaritrala. Zabeležena je, sa manjom ili većom brojnošću, na skoro svim istraživanim rekama: Rači, Rasini, Crnici, Trešnjici, Studenici, Vrli, Raškoj i Radovanskoj reci. Izuzetak je reka Mlava, u kojoj tokom ovog istraživanja nije registrovana. Larve ove vrste su naročito bile brojne na lokalitetima iznad pastrmskih ribnjaka na rekama Rači, Rasini, Raškoj i Studenici, kao i na lokalitetu udaljenom oko 4 km od ribnjaka na reci Crnici, što govori o njenoj osetljivosti na organski tip zagađenja. Ukupno 6094 jedinki je determinisano kao *B. alpinus*, a najveća brojnost zabeležena je na reci Vrli (1776 jedinki). **Habitus larve** prikazan je na Slici 62.A.

Bitni dijagnostički karakteri na osnovu kojih je moguće razlikovati jedinke ove vrste jesu:

Glava. Uočljive tamne šare na frontoklipeusu, na mestu insercije mišića (Slika 62.B).

Pronotum. Uočljiva šara na pronotumu, nastala usled insercije mišića koji daju tamnu koloraciju i specifičnu šaru ovoj strukturi, lako je prepoznatljiva kod ove vrste i omogućavajući brzu identifikaciju, čak i na nižim stupnjevima razvića (Slika 62.F).

Abdominalni tergiti. Obojenost abdominalnih tergita varira. Prvi do četvrti tergiti je obično sa parom paramedijalnih, divergentno pozicioniranih debljih pruga, dok su peti do deveti tergiti sa parom koso položenih pruga i tačaka (Slika 62.C). Površina tergita odlikuje se prisustvom ljuspastih čekinja (Slika 62.H.e). Osnove bez čekinja su odsutne ili vrlo retke (ponekad se odaje utisak da su prisutne samo osnove ovih ljuspastih čekinja, ali same čekinje su vrlo transparentne, pa se na preparatima ne mogu tako lako uočiti). Sa obe površine tergita uočljivo je veliko elipsoidno (okruglo polje) sa veoma gusto zbijenim čulnim ćelijama tipa *sensillae campaniforme*, koje se prostiru po sredini tergita (Slika 62.H.b). Posteriorna ivica tergita je sa trouglastim zubčićima koji su približno iste dužine (Slika 62.H.c). Obično pravilno alterniraju sa 2 - 3 tanke, filamentozne čekinje (Slika 62.H.d).



Slika 62. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis alpinus*. I. (A) Habitus larve; (B) Glava; (C) Abdominalni tergiti; (D) Cerci; (E) Ekstremitet za hodanje; (F) Pronotum; (G) Tarzalna kandžica; (H) Tergit: (a) izgled tergita; (b) elipsoidno polje sa gusto zbijenim ćelijama tipa *sensillae campaniformae*; (c) posteriorna ivica tergita; (d) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (e) ljuhpaste čekinje. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (cr) cerci; (fc) frontoklipeus; (pcr) paracerc; (pš) pronotalna šara; (sc) *sensillae campaniformae*; (šk) škrga; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tljč) tergitne ljuhpaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (H.b): 50 μm; (G): 100 μm; (F, H.a): 500 μm.

Cerci. Dužina ceraka skoro dostiže dužinu abdomena, ponekad mogu biti i duži. Paracerc je kraći u odnosu na cerke, njegova dužina je varijabilna (Slike 62.A, D).

Ekstremiteti. Uočljiva longitudinalna šara duž ivice femura, tarsus je tamniji u odnosu na ostale delove ekstremiteta, barem u distalnom delu ka tarzalnoj kandžici (Slika 62.E, G). Dorzalna ivica femura sa brojnim dugim i oštrim čekinjama (Slika 64. A, B). Naročito su gusto i nepravilno organizovane u nekoliko redova, u osnovi femura (Slika 64. B). U populacijama sa Radovanske reke, ove čekinje duž ivice femura organizovane

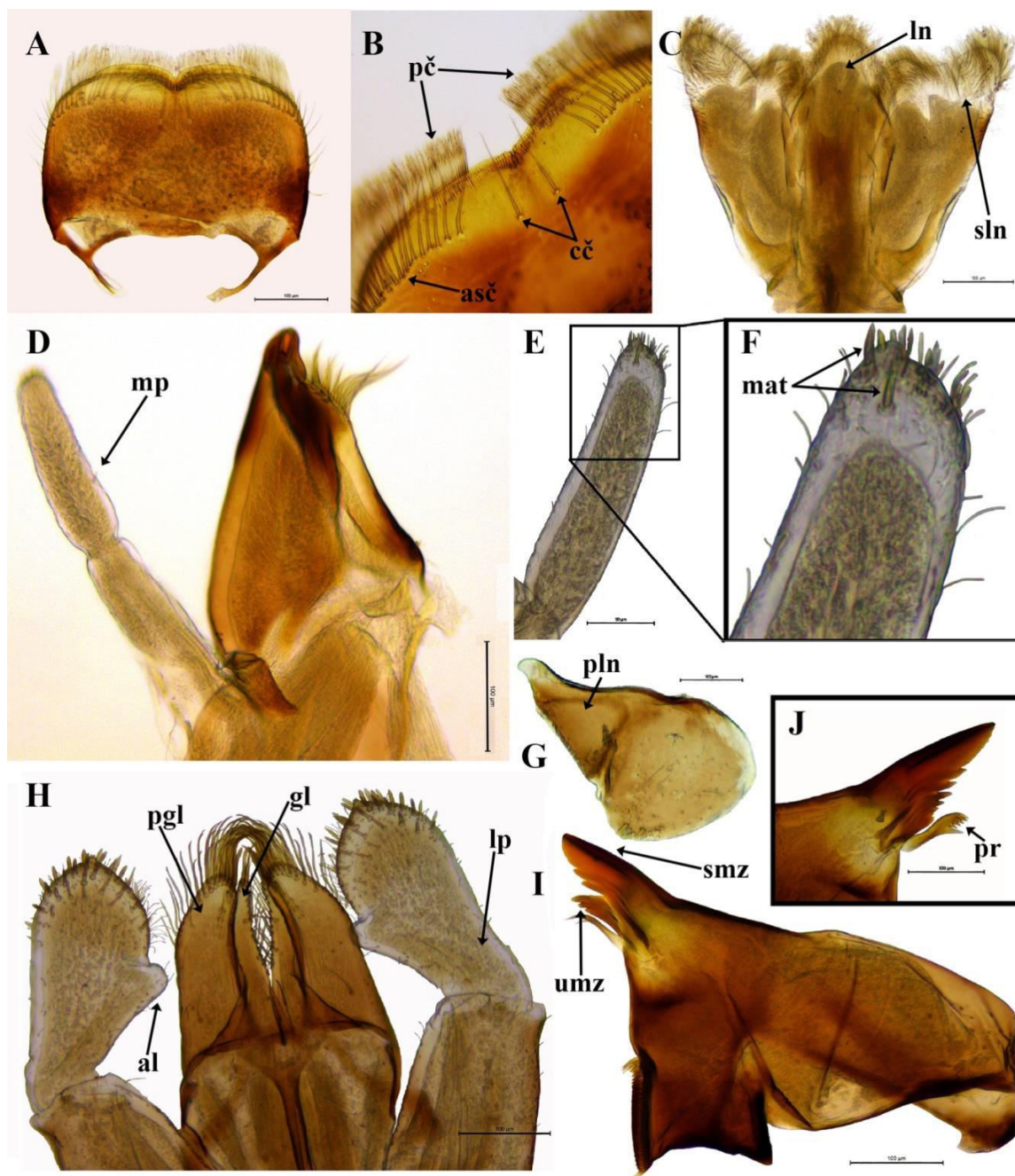
su pravilno, u jednom redu (Slika 64. A). Uz ivicu femura, neposredno ispod i između gusto organizovanih oštih i dugih čekinja, smeštenu su jake, a kratke čekinje, sa uočljivim osnovama (Slika 64.A, B). Ljuspaste čekinje smeštene su pojedinačno (a ne u grupacijama) po površini femura. Bliže donjoj ivici femura i proksimalnom delu primetne su *sensillae campaniformae*. Tarzalne kandžice sa osam do devet zubića, na samom vrhu (subapikalno) sa dve dobro izražene, tamne čekinje (Slika 64.C). Kod jedinki iz populacije sa reke Vrle primećeno je prisustvo četiri čekinje (Slika 64.D).

Labrum. Duplo je širi nego duži (približan odnos 2:1), sa slabo izraženim središnjim usekom (Slika 63.A). Broj anteriornih submarginalnih čekinja na labrumu je varijabilan (Slika 63.B), od populacije do populacije kretao se od 17 (Crnica) do 22 (Rasina) para. Ove čekinje mogu biti organizovane u jedan ili dva reda. Razlikujemo i jedan par centralnih čekinja, kao i duge lateralne čekinje (Slika 63.A, B). Po površini labruma uočljive su kratke filamentozne čekinje i njihove osnove. Duž anteriorne ivice labruma, levo i desno od centralnog useka, uočljive su blago peraste, relativno duge čekinje (Slika 63.B).

Hipofarinks. Lingua hipofarinksa je sačinjena od jednog lobusa koji na vrhu nosi fine sete. Superlingue su lateralno prominentnije u odnosu na ligule, sačinjene iz dva lobusa koji na svom vrhu takođe nose fine, gusto raspoređene sete (Slika 63.C).

Maksilarni palpi. Maksilarni palpi građeni su od dva segmenta. Drugi segment je zaobljen i na vrhu nosi kratke i snažne nastavke u vidu trnova (Slike 63.E-F), čiji broj varira (najčešće 4 – 14). U populacijama ove vrste iz istraživanih reka, maksimalni broj čekinja iznosi sedam (Radovanska reka).

Labijum. Glose i paraglose su iste dužine. Glose su relativno uske i terminalno zašiljene. Na vrhu paraglosa nalaze se tri niza dugih čekinja, od koja su uglavnom samo dva niza dobro uočljiva na preparatima, dok je treći slabo vidljiv jer je smešten uz samu ivicu paraglosa (Slika 63.H). **Labijalni palpi** su masivni, sa jasno uočljivim apikalnim lobusom na drugom segmentu (Slika 63.H). Treći segment je zaobljen i simetričan, a apikalno se završava blago špicasto (Slika 63.H). Po površini trećeg segmenta, kao i uz njegovu samu ivicu, smeštene su jake čekinje u vidu trnova. Duž oboda drugog članka labijalnog palpa smeštene su tanke, senzorne čekinje kojih ima pet do šest. Na prvom segmentu zapažaju se *sensillae campaniforme*.

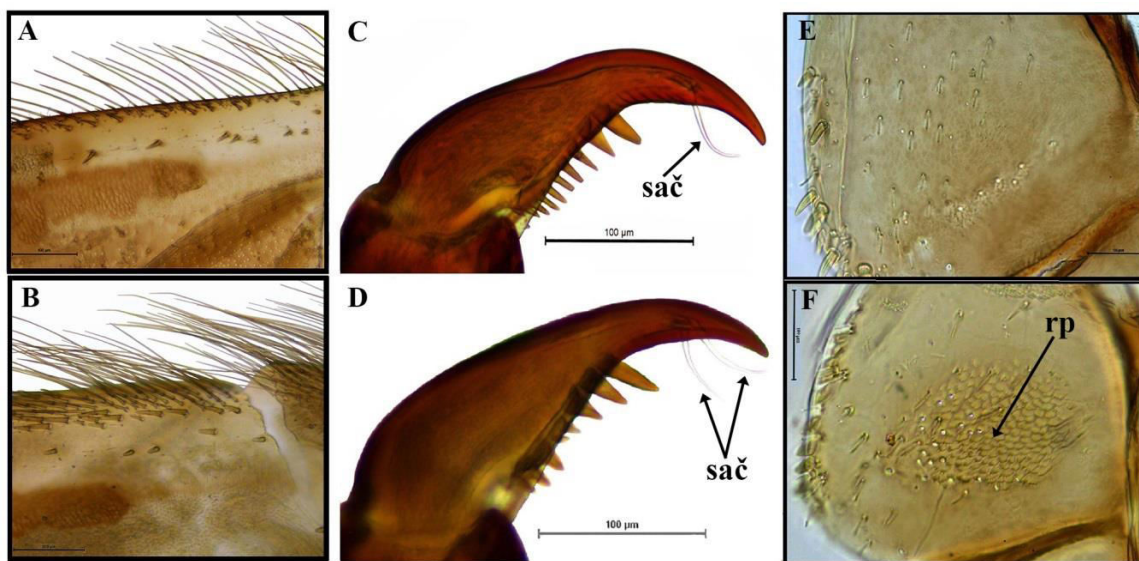


Slika 63. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis alpinus*. II. (A) Labrum; (B) Posteriorna ivica labruma; (C) Hipofarinks; (D) Maksila; (E, F) Maksilarni palp; (G) Paraprokt; (H) Labijum; (I, J) Mandibule. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinjje; (cč) centralne čekinjje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mat) maksilarni apikalni trnovi; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinjje; (pgl) paraglosa; (pln) posterolateralni nastavak; (pr) prosteka; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: (E): 50 µm; (A, C, D, G, H-J): 100 µm.

Mandibule. Poseduju spoljašnji i unutrašnji niz incizora (Slike 63.I, J). Spoljašnji niz je relativno širok i delimično srastao. Prvi incizor u nizu je duži i može biti manje ili više

okrnjen, u zavisnosti od potrošenosti mandibule. Spojeni su delimično sa unutrašnjom grupom incizora, što je naročito uočljivo na levoj mandibuli (Slika 63.J). Unutrašnja grupa predstavljena je sa uglavnom tri (do pet) jasno uočljivih incizora. Leva i desna prosteka su asimetrične. Desna prosteka sadrži pet zubića i dva do tri trnolika nastavka (Slika 63.I). Površina mandibula je prepokrivena finim čekinjama i čulnim ćelijama tipa *sensillae campaniformae*.

Paraprokt. Iako je unutrašnja ivica paraprokta glatka, apikalno na paraproktalnoj ploči mogu se uočiti robusne čekinje čiji broj varira. U populacijama na istraživanim rekama kretao se od pet do sedam (Slika 63.G). Na površini paraproktalne ploče takođe se mogu nalaziti pomenute čekinje, zatim tanke, filamentozne čekinje i njihove osnove, kao i *sensillae campaniforme* (Slika 64.E). U pojedinim populacijama (Radovanska reka, Vrla) u centralnom delu paraproktalne ploče može se zapaziti reljefasto polje sa malom grupom hitinoznih zubića (prema Müller-Liebenau, 1973) (Slika 64.F). Posterolateralni nastavak paraprokta nosi veći broj trnova i njegova površina je pokrivena retkim tankim filamentoznim čekinjama.



Slika 64. Varijabilnost pojedinih morfoloških struktura kod *Baetis alpinus*. Izgled dorzalne ivice femura: (A) jedan niz čekinja kod jedinki prikupljenih u Radovanskoj reci, (B) više nizova čekinja kod jedinke iz reke Trešnjice; Izgled tarzalnih kandžica: (C) jedan par subapikalnih čekinja na vrhu tarzusa kod jedinke iz reke Crnice, (D) dva para subapikalnih čekinja kod jedinke iz reke Vrle; Površina paraproktalne ploče: (E) odsustvo (reka Crnica) i (F) prisustvo reljefastog polja sa grupom hitinoznih zubića (reka Vrla). Oznake: (rp) reljefasto polje; (sač) subapikalne čekinje. Skale: (A-F): 100 μm.

4.7.1.2. *Baetis (Baetis) melanonyx* (Pictet, 1843)

Ova vrsta se često može naći na lokalitetima zajedno sa srodnom vrstom *Baetis alpinus*, u zoni epiritrala i metaritala (vrlo retko u hiporitalnoj zoni). Njeno prisustvo je zabeleženo u rekama: Rači (sa maksimalnom brojnošću od 352 jedinke na prvom, kontrolnom lokalitetu u maju mesecu 2012. godine), Rasini, Trešnjici i Vrli. Pronađeno je ukupno 1146 jedinki. Kao u slučaju prethodne vrste, njena brojnost je znatno veća na kontrolnim lokalitetima, iznad pastrmskog ribnjaka, što ukazuje na indikatorska svojstva ove vrste. Habitus larve prikazan je na Slici 65.A.

Strukture koje su bitni za prepoznavanje vrste *B. melanonyx* jesu:

Glava. Kao i kod vrste *B. alpinus*, prisutne su tamne šare duž epikranijalne suture, posledica insercije mišića (Slika 65.C).

Pronotum. Razlikovanje dve pronađene vrste iz *alpinus* grupe se naizgled može izvršiti na osnovu šare na pronotumu. Kod vrste *B. melanonyx* nije toliko izražena, naročito njeni lateralni delovi (Slike 65.C, E). Površina pronotuma je sa brojnim čekinjama i porama.

Abdominalni tergiti. Boja abdominalnih tergita varira. Kod jedinki iz populacija sa uzorkovanih lokaliteta, boja tergita je žute do svetlo braon. Od drugog do osmog segmenta mogu se uočiti dve medijalne tamnije tačke, a posteriorne ivice tergita su tamnije (Slike 65.B, D.b). Ljuspaste čekinje su retke na površini tergita, ali su osnove čekinja brojne po njegovoj celoj površini, kao i tanke, filamentozne čekinje sa uočljivim osnovama (Slika 65.D.b). Duž posteriorne ivice tergita prisutni su trouglasti zubići sa širokim osnovama i ostrim ili zaobljenim vrhovima, koji su različiti po veličini. Između ovih zubića nepravilno alterniraju jedna do tri tankih čekinja (Slika 65.D.b).

Cerci. Svetli do sivo obojeni, ponekad tamniji distalno. Obično su dugi koliko i telo, ili neznatno kraći. Paracerk je polovina do dve trećine dužine ceraka (Slika 65.A).

Ekstremiteti. Boja ekstremiteta varira, od svetlo sive do braon, dok su vrh i osnova tarzusa tamno obojeni sa svetlim poljem između. Duž femura su uočljive jedna ili dve tamne longitudinalne trake. Tarzalne kandžice su tamno braon boje, sa ukupno 9 zubića kod jedinki iz raličitih populacija istraživanih reka (Slika 65.H). Poslednji zubić u nizu je skoro duplo duži od pretposlednjeg. Takođe, kao i kod vrste *B. alpinus*, uočljive su dve fine subapikalne čekinje, sa obe strane tarzalne kandžice, smeštene između samog

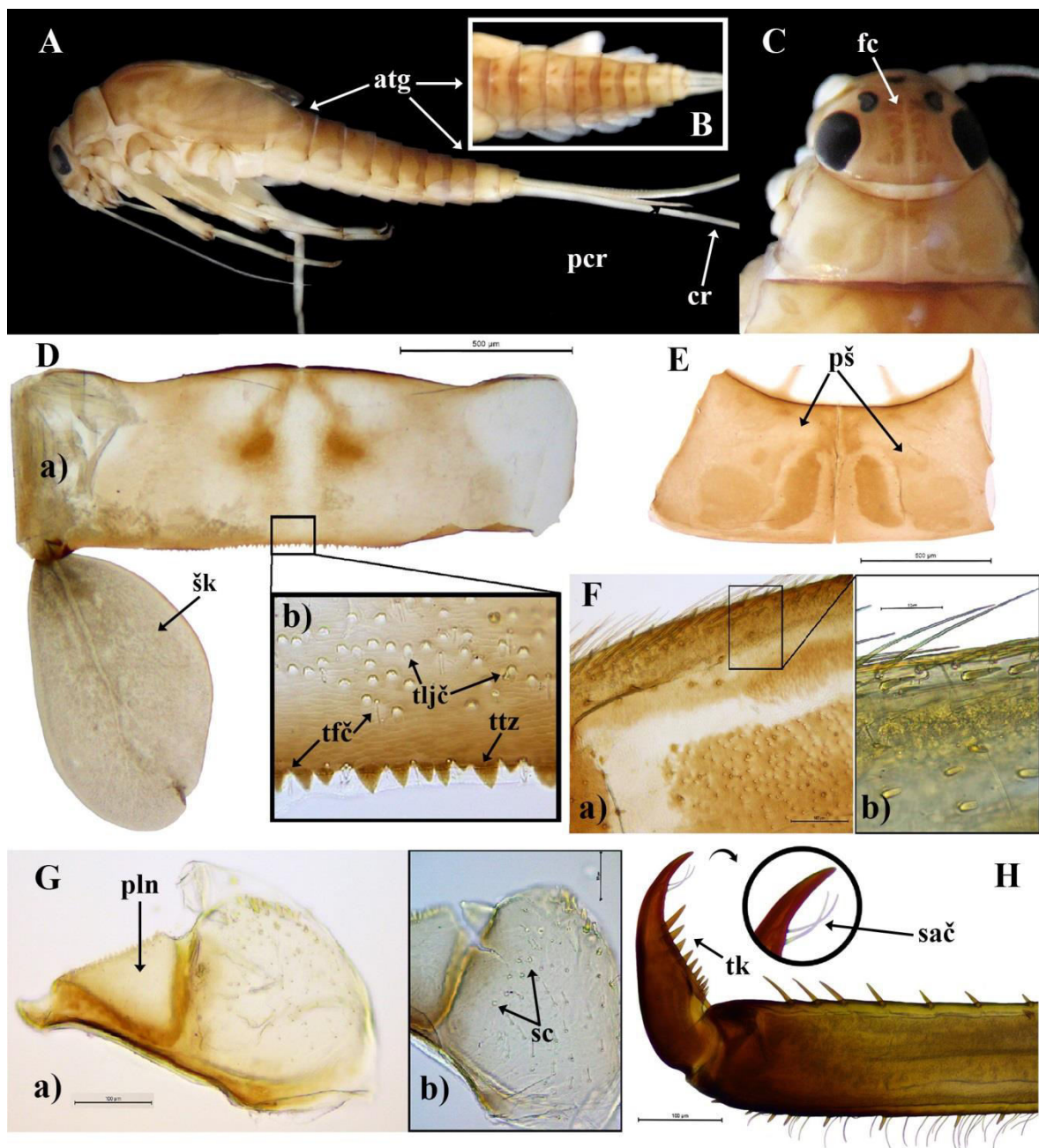
vrha i poslednjeg zubića u nizu. Dorzalna ivica femura je sa dugim čekinjama (Slika 65.F.a), manje (Trešnjica, Vrla) ili više (Rasina, Rača, Vrla) gusto zbijenih, koje su organizovane u jednom redu. Usled guste zbijenosti, kod jedinki iz pojedinih populacija odaje se utisak da postoji više od jednog reda čekinja. Između ovih čekinja primetne su kratke, jake i špicaste čekinje (Slika 65.F.b), dok se unutrašnja, ventralna ivica femura odlikuje sitnim, špicastim čekinjama. Ljuspaste čekinje i njihove pojedinačne osnove nalaze se po celoj površini femura, kao i pojedinačne *sensillae campaniforme*.

Paraprokt. Unutrašnja ivica paraproktalne ploče sa malobrojnim (uglavnom dve do četiri) jakim čekinjama (Slike 65.G.a, G.b). Kod jedinki iz reke Rasine, na centralnom delu paraprokta uočljivo je reljefasto polje sa hitinoznim zubićima - *shagreened area*. Dve trećine paraproktalne ploče je pokriveno filamentoznim čekinjama sa vidljivim osnovama. Takođe, po površini paraproktalne ploče vidljive su i pojedinačne čulne ćelije tipa *sensillae campaniformae* (Slika 65.G.b). Na postero-lateralnom nastavku nalazi se veći broj zubića, a njegova površina je glatka, odnosno bez čekinja i seta.

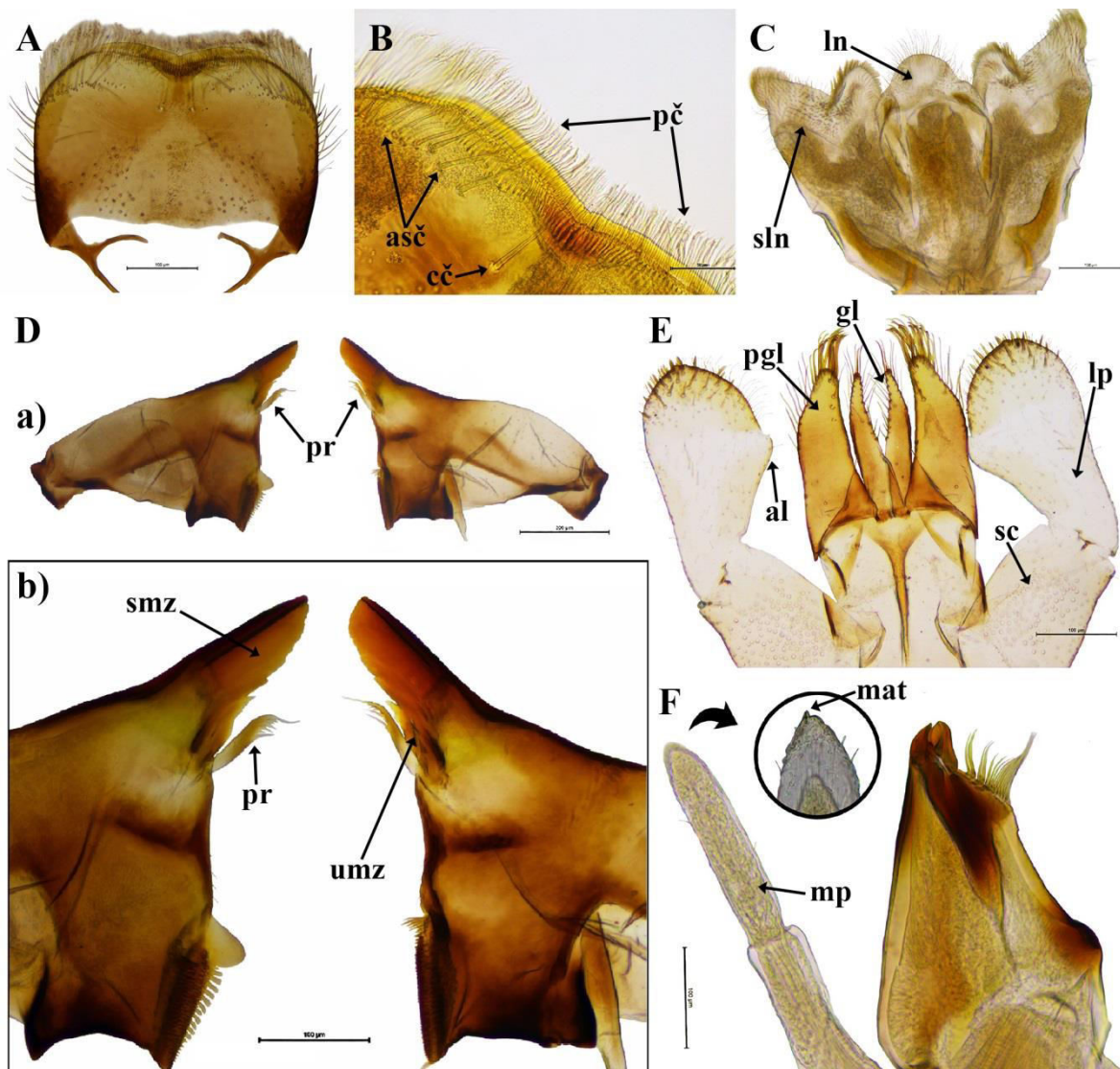
Labrum. Nalikuje labrumu vrste *B. alpinus*, četvrtast je, sa središnjim usekom koji je još manje izražen i plitak, ponekad uočljiv samo kao blaga, konkavna kontura (Slike 66.A, B). Anteriorne, submarginalne čekinje su organizovane uvek u jednom nizu, ali nepravilno (Slika 66.B). Njihov broj je varijabilan. U populacijama istraživanih tekućica kretao se između 13 (Rasina) i 20 (Trešnjica). Razlikujemo i par centralnih čekinja, kao i čekinje smeštene duž lateralne ivice labruma. Uz samu anteriornu ivicu labruma uočljive su blago peraste čekinje. Po površini labruma, od sredine ka distalnom delu, tj. u njegovoj osnovi, nalazi se polje tankih čekinja sa upadljivim osnovama.

Hipofarinks. Nalikuje labrumu kod vrste *B. alpinus*. Lingua je sa jednim lobusom, a superlingue su sa dva, lateralno izražena lobusa (Slika 66.C). Ivica lobusa superlingua i lingue nose sete.

Maksilarni palpi. Vrh drugog segmenta maksilarnog palpa je asimetričan i završava se tupim uglom. U poređenju sa vrstom *B. alpinus*, ima samo jedan sklerotizovani nastavak u vidu trna, što je još jedan od bitnijih karaktera za razlikovanje ove dve vrste (Slika 66.F).



Slika 65. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis melanonyx*. I. (A) Habitus larve; (B) Abdominalni tergiti; (C) Glava; (D) Tergit: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (E) Pronotum; (F) Femur: (a) izgled dorzalne ivice femura; (b) čekinje dorzalne ivice femura; (G) Paraprokt: (a) izgled paraprokta; (b) paraproktalna ploča; (H) Tarzalna kandžica. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (cr) cerc; (fc) frontoklipeus; (pcr) paracerc; (pln) posterolateralni nastavak; (pš) pronotalna šara; (sač) subapikalne čekinje; (sc) *sensillae campaniformae*; (šk) škruga; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tljč) tergitne ljuspaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (F.b, G.b): 50 μm; (F.a, G.a, H): 100 μm; (D.a, E): 500 μm.



Slika 66. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis melanonyx*. II. (A) Labrum; (B) Posteriorna ivica labruma; (C) Hipofarinks; (D) Mandibule: (a, b) asimetričnost leve i desne mandibule; (E) Labijum; (F) Maksila. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (cč) centralne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mat) maksilarni apikalni trn; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pr) prosteka; (sc) *sensillae campaniformae*; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: (B): 50 μm ; (A, C, D.b, E, F): 100 μm ; (D.a): 200 μm .

Labijum. Glose i paraglose se apikalno sužavaju. Na prednjoj ivici paraglosa su tri reda čekinja, nepravilno raspoređenih (Slika 66.E), od kojih su obično uočljiva dva reda (sa po šest do sedam čekinja). Drugi segment **labijalnog palpa** je skoro dva puta duži od trećeg. Treći segment labijalnog palpa je neznatno širi nego duži, pri vrhu simetričan (Slika 66.E). Duž prednje ivice trećeg segmenta labijalnog palpa, sa njegove gornje i donje površine, uočljive su snažne, široke čekinje koje su sa ostrim ili blago tupim

vrhovima. Apikalni lobus drugog članka palpa je slabo izražen, dužine je oko jedne petine osnove trećeg članka. Na drugom članku prisutno je tri do šest senzornih čekinja (Slika 66.E). Kao i kod vrste *B. alpinus*, na prvom članku uočljive su *sensillae campaniformae* (Slika 66.E).

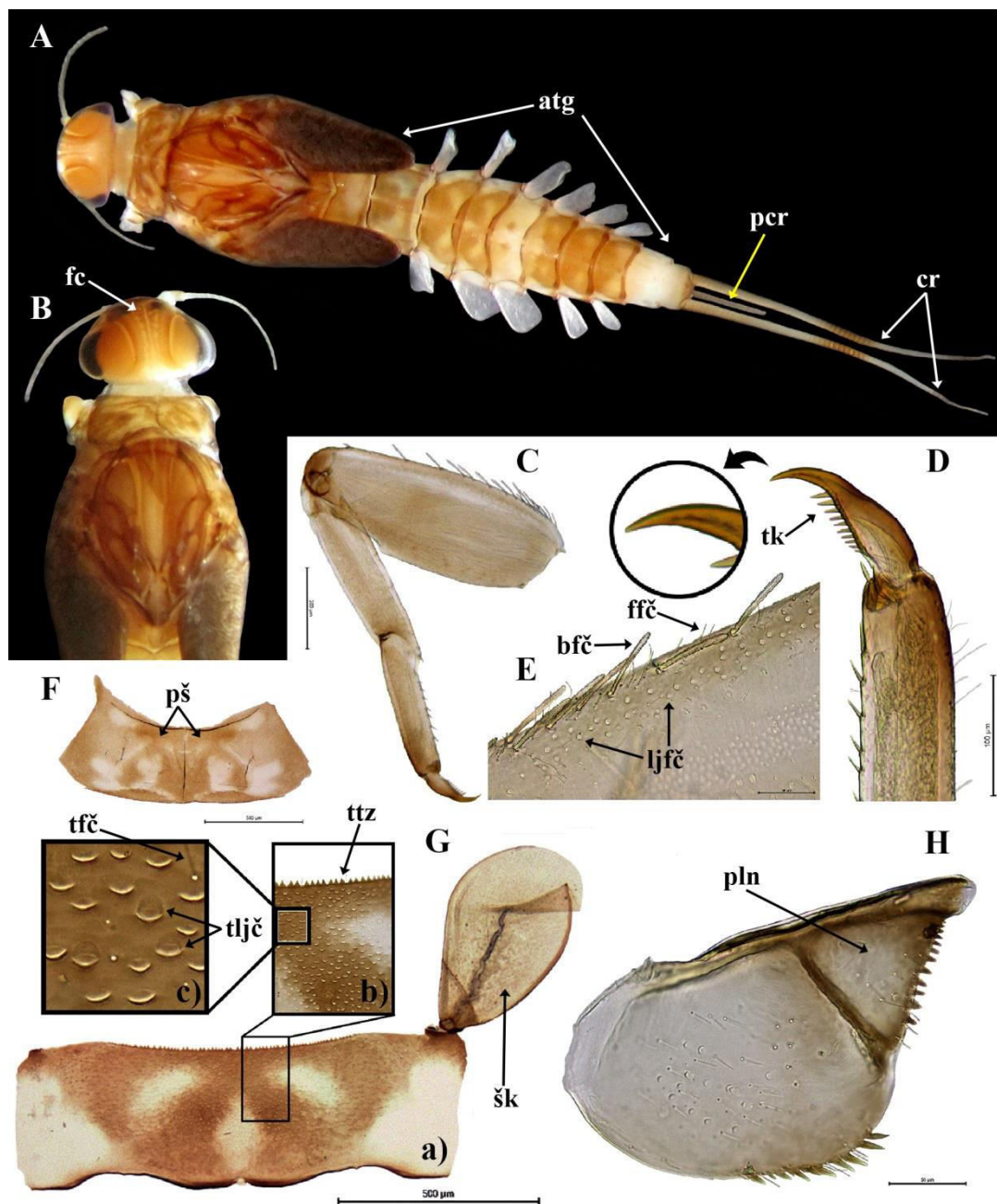
Mandibule. Spoljašnja grupa incizora desne i leve mandibule je u potpunosti spojena, trouglasta i uska, u vidu nožića, sa gotovo glatkim ivicama (Slike 66.D.a, D.b). Na samom vrhu može biti okrnjena usled trošenja mandibule. Unutrašnja grupa incizora predstavljena je najčešće sa jednim, ređe do dva ili tri zubića. Leva prosteka je sa oštrim, izduženim zubićima (Slika 66.D.b), u poređenju sa ostalim vrstama kod kojih su ovi zubići uglavnom kraći i na krajevima najčešće obli. Zubići na desnoj prosteki su jasno razdvojeni. Površina mandibula je sa mnogobrojnim finim čekinjama i poljem čulnih ćelija *sensillae campaniformae*.

4.7.1.3. *Baetis (Baetis) scambus* Eaton, 1870

Vrsta koja je najčešće vezana za ritral ili hiporitral tekućica, preferira kameniti tip podloge. Može biti prisutna u mešovitim populacijama sa bliskom i morfološki dosta sličnom vrstom *Baetis fuscatus*. Nalaz ove vrste zabeležen je na lokalitetima ispod i iznad pastrmskih ribnjaka reka Studenice, Trešnjice i Rasine. Registrovano je ukupno 246 jedinki, sa najvećom brojnošću na reci Trešnjici.

Navedeni su osnovni morfološki karakteri pomoću kojih je moguće izvršiti identifikaciju larvi ove vrste.

Glava. Šare na glavi duž epikranijalne suture su izražene i jasno definisane, svetlo žute ili bele na tamnoj pozadini (Slike 67.A, B). Ovakva koloracija glave ovu vrstu odvaja od bliske vrste *B. fuscatus*, čije su šare svetlo braon boje na tamnoj pozadini. Prvi antenalni članak je sa kratkim filamentoznim čekinjama i ljuspastim čekinjama sa njihovim osnovama.



Slika 67. Dijagnostički karakteri vrste *Baetis scambus*. I. (A) Habitus larve; (B) Glava; (C) Ekstremitet za hodanje; (D) Tarzalna kandžica; (E) Izgled dorzalne ivice femura; (F) Pronotum; (G) Tergit: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (c) ljujpaste čekinje; (H) Paraprokt. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (bfč) batinaste femoralne čekinje; (cr) cerc; (fc) frontoklipeus; (ffč) filamentozne femoralne čekinje; (ljfč) ljujpaste femoralne čekinje; (per) paracerk; (pln) posterolateralni nastavak; (pš) pronotalna šara; (šk) škrga; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tljč) tergitne ljujpaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (E, G.b, H): 50 μm; (D): 100 μm; (C): 200 μm; (F, G.a): 500 μm.

Pronotum. Jasno uočljiva šara na pronotumu je dosta slična šari kod vrste *B. fuscatus*; s tim što je kod *B. scambus* tamnijeg kolorita, odnosno uočava se veći kontrast između tamnije šare i svetlije osnove pronotuma (Slike 67.A, B, F).

Abdominalni tergiti. Prvi, peti, deveti i deseti abdominalni tergiti su pretežno svetli, a drugi do četvrti i šesti do osmi pretežno tamni, sa svetlijim ivicama i parom svetlih trougaonih šara u vidu tačaka (Slike 67.A, G.a). Na petom segment uočljive su dve tamne tačke. Zubići duž posteriorne ivice abdominalnih tergita su varijabilni po obliku, najčešće su trouglasti ili špatulasti, ponekad sa konkavnim lateralnim ivicama. Završavaju se uglavnom špicasto (Slika 67.G.b). Po površini tergita prisutne su tanke, filamentozne čekinje, retke ljuspaste čekinje kupastog oblika i veliki broj osnova ovih čekinja (Slika 67.G.c).

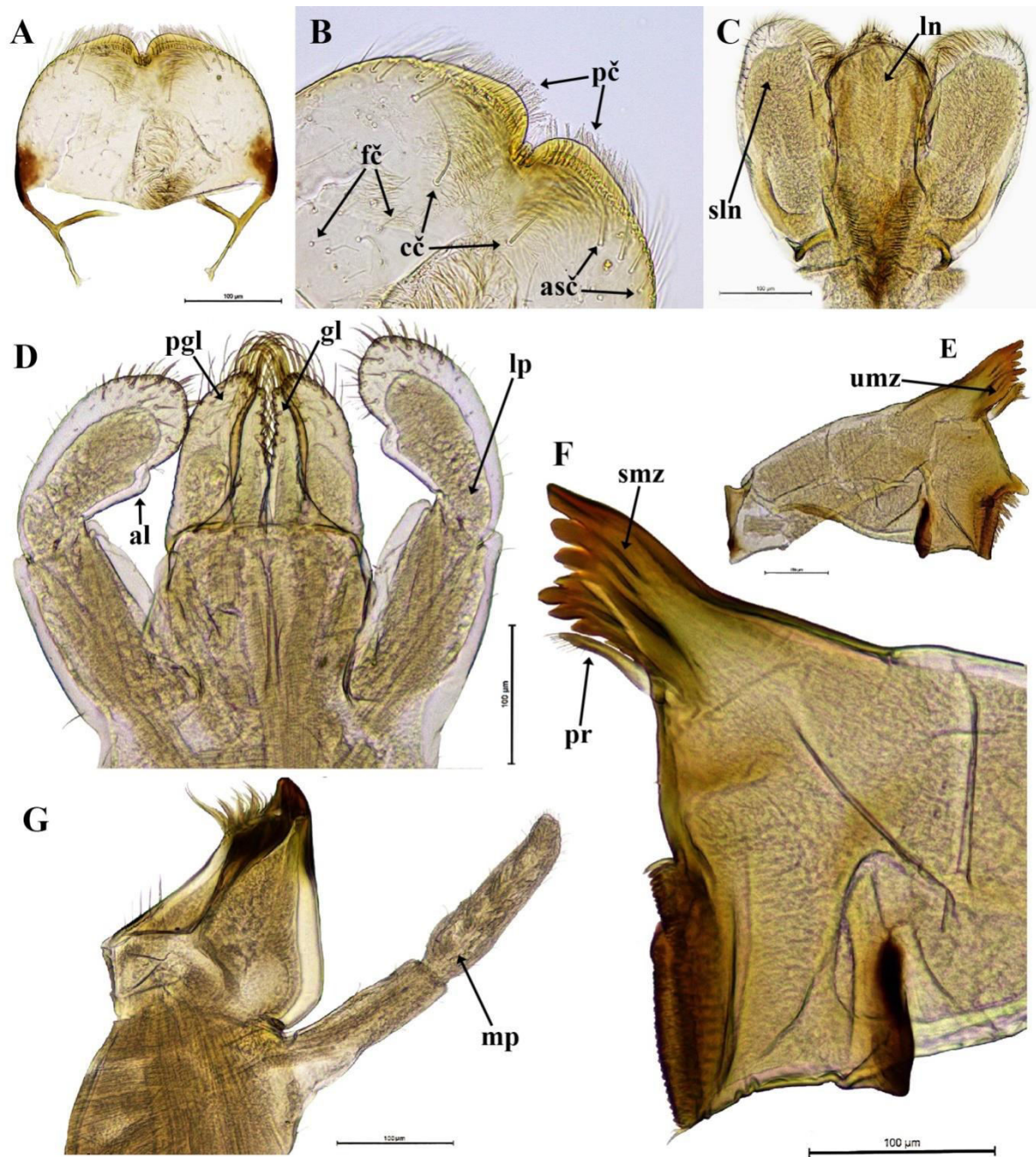
Cerci. Boja cerka je svetlo žuta, sa centralnim delom koji je tamniji i u vidu trake prepokriva i paracerk (Slika 67.A). Najčešće su sva tri filameta i na vrhu tamnije obojena, kao i pri samoj osnovi. Cerci skoro dostižu dužinu abdomena, a paracerk je nešto kraći u odnosu na cerke.

Ekstremiteti. Boja nogu je najčešće svetlo žuta (Slika 67.C). Femuri u centralnom delu imaju tamniju (žuto-braon) tačku, kao i duž spoljašnje ivice, submarginalnu tamniju traku. Duž dorzalne ivice femura nalaze se duge, batinaste čekinje, koje alterniraju sa kratkim i tankim čekinjama (Slika 67.E). Ove čekinje su brojnije u osnovi femura. Unutrašnja, ventralna ivica femura je sa kratkim špicastim čekinjama. Po površini femura prisutne su ljuspaste čekinje i slobodne osnove ovih čekinja.

Paraprokt. Ventralna ivica paraprokta sa zubićima oštarih vrhova, kojih kod jedinki posmatranih populacija, ima od devet do dvanaest. Po površini paraproktalne ploče, zapažaju se filamentozne čekinje i konične ljuspaste čekinje (Slika 67.H). Kod jedinki iz pojedinih populacija može se videti reljefasto polje sa hitinizovanim zubićima – *schagreened area*. Posterolateralni nastavak pronotuma je sa zubićima koji se apikalno račvaju ili su obli na krajevima. Površina ovog nastavka je sa retkim filamentoznim čekinjama i osnovama ljuspastih čekinja.

Labrum. Bočne i dorzalne ivice labruma su izrazito konveksne. Uz bočne ivice labruma, bliže njegovoj osnovi, primetno je tamno polje (Slika 68.A). Središnji usek je izražen. Na labrumu su prisutne tri do četiri anteriorne submarginalne čekinje i jedan centralni par (Slike 68.A, B). Duž prednje ivice labruma uočljive su kratke, peraste

čekinje, a duž bočnih ivica retke, tanke čekinje (Slika 68.B). Po površini labruma prisutne su filamentozne čekinje sa uočljivim osnovama.



Slika 68. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis scambus*. II. (A) Labrum; (B) Posteriorna ivica labruma; (C) Hipofarinks; (D) Labijum; (E-F) Mandibule; (G) Maksila. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (cč) centralne čekinje; (fč) filamentozne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pr) prosteka; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: 100 µm.

Hipofarinks. Lingua hipofarinksa sa tri, ne tako jasno definisana lobusa. Na spoljašnjoj ivici središnjeg lobusa smeštene su tamne, gusto raspoređene sete (Slika 68.C). Dužina superlingua je skoro jednaka dužini lingua. Proksimalni deo superlingua takođe nosi sete, ali su one duže i svetlije.

Maksilarni palpi. Asimetrični, na krajevima blago špicasti. Povijeni su ka unutra, prema lacinijama i galeama (Slika 68.G).

Labijum. Glose su neznatno kraće u odnosu na paraglose (Slika 68.D). Ivice **paraglosa** su gotovo paralelne i nose tri reda čekinja, od kojih su one u srednjem redu najduže i najuočljivije. Treći segment **labijalnog palpa** gotovo simetričan i oko jedne trećine širi nego duži. Površina trećeg segmenta labijalnog palpa je sa brojnim jakim, špicastim čekinjama i njihovim osnovama. Apikalni lobus drugog segmenta nije toliko prominentan kao kod vrste *B. fuscatus*. Na spoljašnjoj ivici drugog segmenta nalaze se četiri do pet tankih čekinja. Po površini prvog i drugog segmenta uočljivo je polje čulnih struktura tipa *sensillae campaniformes*.

Mandibule. Duž prednje ivice spoljašnje grupe incizora na desnoj mandibuli, prisutan je dodatni, subapikalni zubić (Slika 68.F). Spoljašnja grupa incizora desne mandibule sačinjena je od tri zubića, a unutrašnja od četiri. Ove dve grupe incizora su jasno razdvojene. Na levoj mandibuli, broj zubića u okviru spoljašnje i unutrašnje grupe je isti, s tim što je prvi zubić unutrašnje grupe incizora znatno kraći, a drugi najduži od svih zubića (Slika 68.E). Leva prosteka je jače razvijena, sačinjena od četiri, ređe pet zubića koji su obli na krajevima i sa do tri trnolika izraštaja. Površina mandibula je sa filamentoznim čekinjama i retkim ljuspastim čekinjama i njihovim osnovama.

4.7.1.4. *Baetis (Baetis) lutheri* Müller-Liebenau, 1967

Jedinke vrste *Baetis lutheri* prikupljene su na istraživanim lokalitetima reke Mlave, Rače, Rasine, Crnice, Trešnjice, Studenice, Vrle, Raške i Radovanske reke. Obično naseljava zonu hiporitrala do metaritrala, kao vrsta koja je euritermna i često zamenjuje vrstu *B. alpinus*. Takođe, tolerantna je na prisustvo određenih količina organske materije u vodi. Ukupno 2112 jedinki sakupljeno je na istraživanim lokalitetima, a najveća brojnost ove vrste zabeležena je u Studenici (723 jedinki).

Opisi karaktera koji jasno prikazuju morfologiju ove vrste dati su u daljem tekstu.

Glava. Žuto-braon boje, sa tamno braon šarom duž epikranijalne suture (Slika 69.A.b). Skapus i pedicel antena sa filamentoznim čekinjama (Slika 69.B).

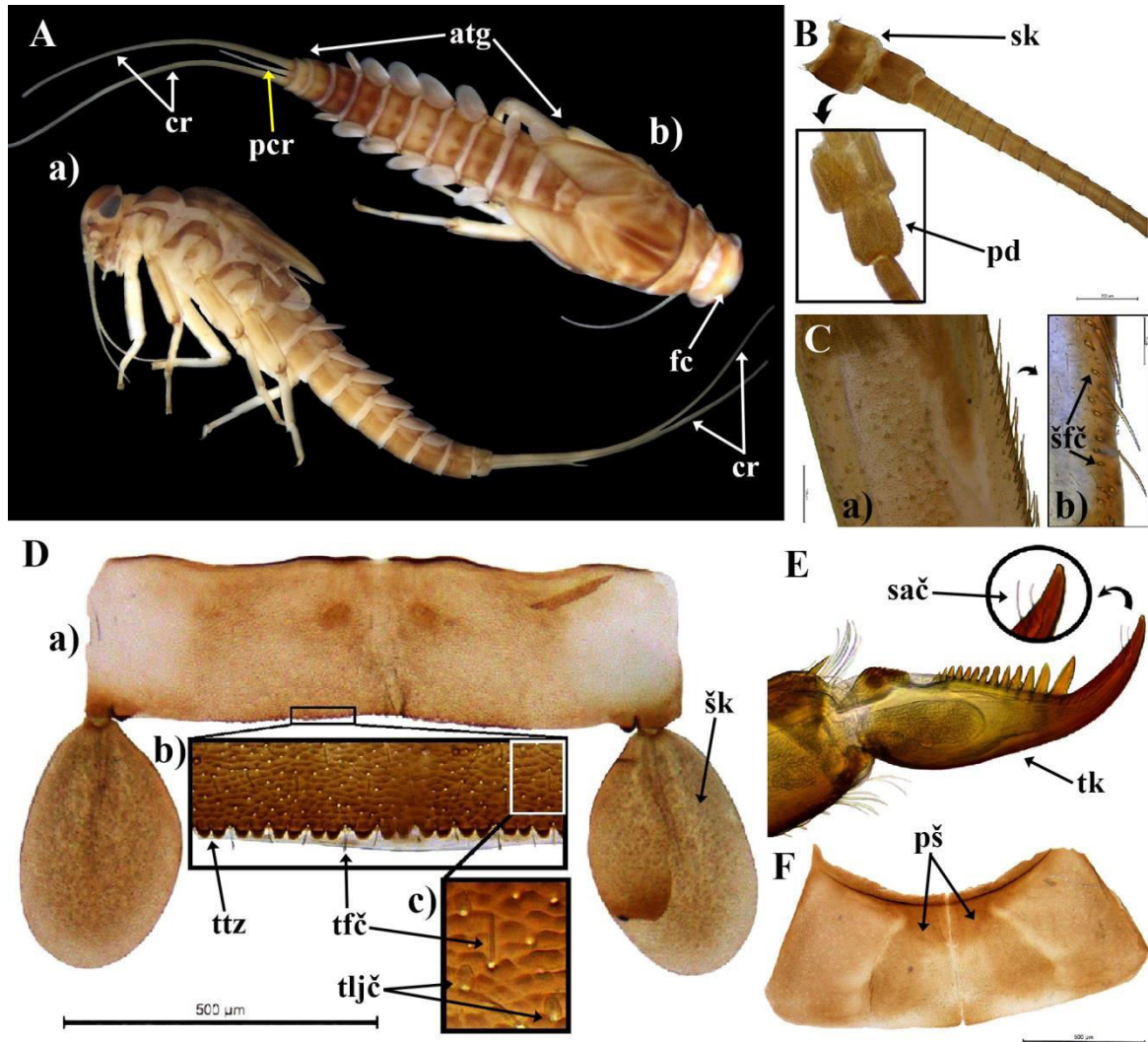
Pronotum. Svetlo braon boje, u centralnom delu leve i desne strane pronotuma pružaju se šare u vidu para spojenih tačkaka (Slika 69.F). Uz posteriornu ivicu pronotum je tamno braon boje. Površina pronotuma je reljefasta, sa filamentoznim čekinjama i brojnim porama koje mogu biti različite veličine.

Abdominalni tergiti. Levo i desno od medijalne linije abdomena, od prvog do devetog tergita, nalaze se mala tamna polja koja predstavljaju inserciju mišića (Slika 69.A.b). Na drugom, trećem i četvrtom tergitu, ova polja su spolja uokvirena velikom i tamnom, pravougaonom koronom. Na petom tergitu ova korona u potpunosti izostaje, a od šestog do devetog ona je više trouglasta, sa šiljatim vrhom usmerenim ka zadnjem kraju. Zadnji, deseti tergite je svetliji, sa slabije izraženom insercijom mišića. Od prvog (ili drugog) do šestog (ili sedmog) abdominalnog tergita ponekad se, po medijalnoj liniji, može uočiti svetla pruga, koja počevši od ivice zauzima dve trećine dužine tergita. Kod larvi na nižim stupnjevima razvija ova svetla, medijalna pruga je naročito uočljiva i specifična samo za ovu vrstu, što je bitno za njeno prepoznavanje. Površina tergita je reljefasta i po njoj se mogu uočiti filamentozne, oštre čekinje po celoj površini, kao i (mestimično) ljuspaste čekinje (Slika 69.D.c). Zadnja ivica tergita je sa kratkim, spljoštenim i vršno zaobljenim zubićima (Slika 69.D.b). Vrhovi ovih zubića su najčešće tamnije obojeni.

Cerci. Žuti ili svetlo braon. Dužina paracerka varira, obično je jedna trećina do dve trećine dužine cerka (Slike 69.A.a, A.b).

Ekstremiteti. Noge su svetlo žute (Slika 69.A.a). U blizini osnove femura su uske, tamne horizontalne (ukršetene) pruge, kao i dve longitudinalne, tamne trake duž sredine femura. Dorzalna ivica femura sa dugim čekinjama koje su blago iskrzane na samom vrhu, što se na preparatima teško uočava (Slike 69.C.a). Između ovih čekinja, pozicionirane su brojne tanke, filamentozne čekinje. Duž dorzalne ivice femura, sa unutrašnje strane, prisutne su kratke, vršno iskrzane, špatulaste čekinje sa uočljivim osnovama (Slika 69.C.b). Površina femura sa reljefastim poljem hitinoznih zubića (*schagreened area*) i nepravilno raspoređanim ljuspastim čekinjama koje su

pozicionirane ka sredini femura. Tibije i tarsusi su pri vrhu tamniji. Kao i kod *alpinus* grupe, i predstavnici *lutheri* grupe na tarzalnoj kandžici imaju dve subapikalne čekinje (Slika 69.E). Međutim, one su kod *lutheri* grupe tanje i kraće, pa često mogu i izostati jer se lako pokidaju.



Slika 69. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis lutheri*. I. (A) Habitus larve: (a) lateralni izgled; (b) dorzalni izgled; (B) Antena; (C) Femur: (a, b) izgled dorzalne ivice femura; (D) Tergit: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (c) ljustaste čekinje; (E) Tarzalna kandžica; (F) Pronotum. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (cr) cerci; (fc) frontoklipeus; (pcr) paracerci; (pd) pedicel; (pš) pronotalna šara; (sač) subapikalne čekinje; (sk) skapus; (šfč) špatulaste femoralne čekinje; (šk) škruga; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tljč) tergitne ljustaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (C.b): 50 μm; (C.a): 100 μm; (B): 200 μm; (D.a, F): 500 μm.

Škrge. Ovalne su, asimetrične, bez reljefnog polja po njihovoj površini, po sredini tamnije obojene tako da šara pre pokriva oko dve trećine škrge, a ivice su svetlije (Slika 69.D.a). Ovo obeležje se može uočiti i kod jedinki na nižem larvalnom stupnju.

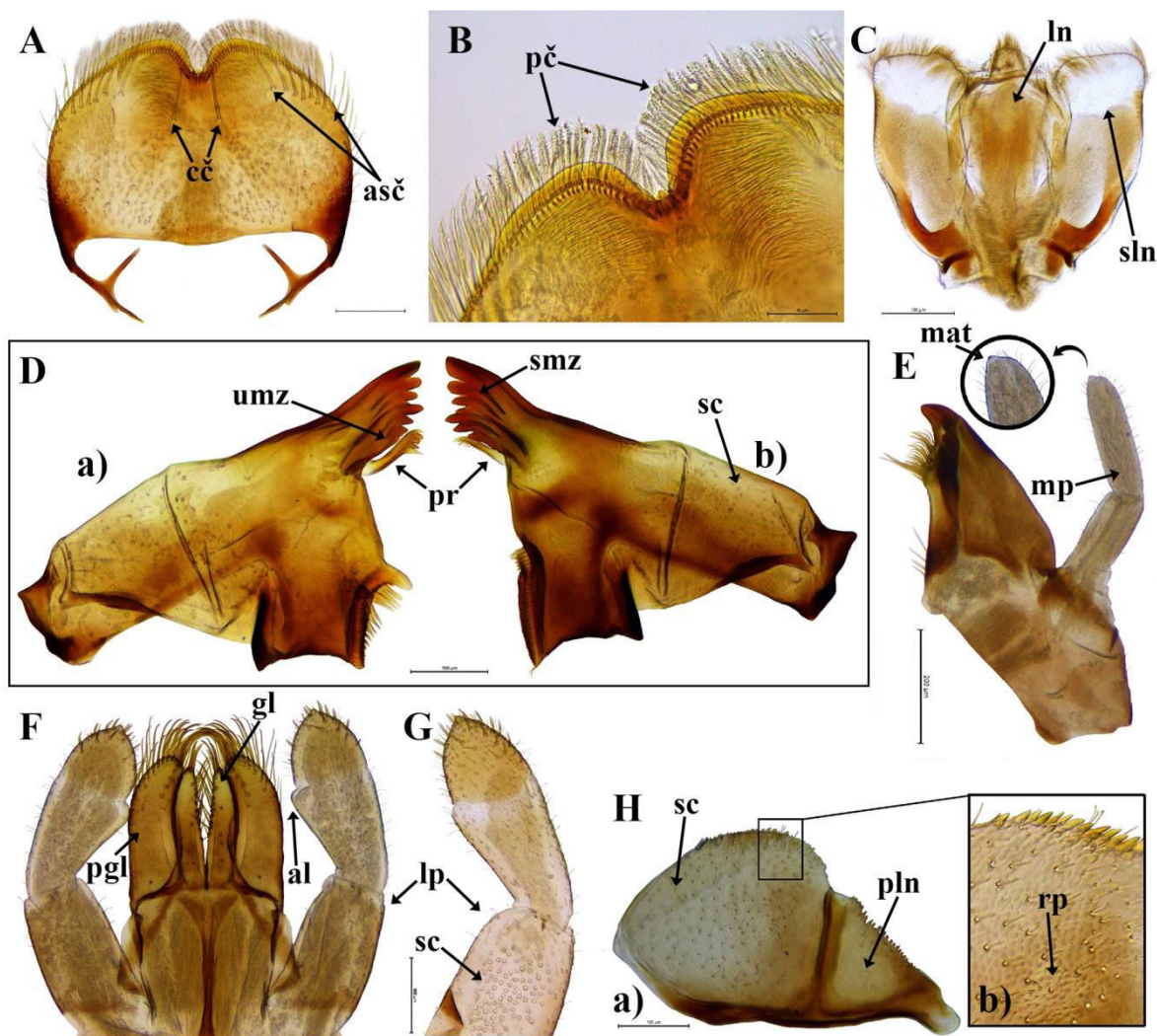
Labrum. Središnji usek duž prednje ivice labruma je jasno izražen, dubok (Slike 70.A, B). Broj anteriornih submarginalnih čekinja kreće se od 5 (Vrla) do 8 (Crnica, Mlava, Radovanska reka), sa prisustvom uvek jednog para dugačkih centralnih čekinja (Slika 70.A). Na osnovi labruma smeštene su mnogobrojne špatulaste čekinje i filamentozne čekinje između njih. Duge peraste čekinje prisutne su duž cele površine anteriorne ivice labruma (Slika 70.B).

Hipofarinks. Lingua hipofarinksa je sa tri lobusa, od kojih je središnji konveksan i nosi kratke sete (Slika 70.C). Superlingue leže u jednoj ravni i na njihovoj ivici, kao i submarginalno (u proksimalnom delu), smeštene su brojne duge sete. Distalni deo superlingua (uz samu osnovu) je hitinizovan (Slika 70.C).

Maksilarni palpi. Osnovna odlika trećeg segmenta maksilarnog palpa je njegov vrh koji je zašiljen i na blagom ispupčenju nosi kratak trn (Slika 70.E).

Labijum. Paraglose sa tri pravilna niza, uniformno organizovanih, jakih čekinja. Vršni (gornji) red ovih čekinja leži uz samu ivicu paraglose, tako da se slabo uočava (Slika 70.F). Treći segment labijalnog palpa je dug koliko i širok, nešto tamniji, sa jasno uočljivim špicastim završetkom (Slike 70.F, G). Duž prednje ivice trećeg segmenta (sa unutrašnje strane) nalaze se, jake, špicaste čekinje. Na drugom članku labijalnog palpusa, u jednoj ravni pružaju se četiri do šest špicastih čekinja (Slika 70.G). Dužina apikalnog lobusa iznosi jednu četvrtinu do jedne petine dužine trećeg segmenta, ovalan je na kraju, ne toliko izražen i stoji skoro pod pravim uglom u odnosu na lateralnu ivicu trećeg segmenta.

Mandibule. Prvi i drugi zubić spoljašnje grupe incizora sa tupim i ponekad okrnjenim vrhovima, približno su iste širine, s tim da prvi zubić ponekad može biti nešto širi (Slike 70.D.a, D.b). Unutrašnja grupa incizora je dobro razvijena, sa tri do pet uočljivih zubića. Prosteke su asimetrične, leva je jače razvijena (šira) u poređenju sa desnom. Po površini mandibula, bliže njihovoj osnovi, prisutne su sitne, uske čekinje i *sensillae campaniformae*.



Slika 70. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis lutheri*. II. (A) Labrum; (B) Posteriorna ivica labruma; (C) Hipofarinks; (D) Mandibule: (a) izgled leve mandibule; (b) izgled desne mandibule; (E) Maksila; (F) Labijum; (G) Labijalni palp; (H) Paraprokt: (a) izgled paraprokta; (b) površina paraproktalne ploče. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (cč) centralne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mat) maksilarni apikalni trn; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pln) posterolateralni nastavak; (pr) prosteka; (rp) reljefasto polje; (sc) *sensillae campaniformae*; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: (B): 50 μm ; (A, C, D, G, H.a): 100 μm ; (E): 200 μm .

Paraprokt. Po celoj površini paraproktalne ploče uočavaju brojne spljoštene čekinje, ponekad sa pojedinačnim čulnim ćelijama tipa *sensillae campaniformae* kao i ljuspaste čekinje, koje se na preparatima mogu teško razaznati (najverovatnije usled transparentnosti). Takođe, kod jedinki iz skoro svih populacija istraživanih tekućica, primetno je i reljefasto polje sa hitinoznim zubićima – *shagreened area*. Uz ivicu paraprokta, smešteni su jaki zubići sa tupim ili zaobljenim krajevima (Slika 70.H.b) koji

alterniraju sa grupom od dva do pet tankih čekinja. Ispod ivice paraprokta (submarginalno), smešteno je još dva do tri reda zubića u vidu trnova. Na ivici posterolateralnog proširenja paraprokta, smešteni su zubići koji se završavaju tupim uglom i koji su najčešće različiti po veličini (Slika 70.H.a). Površinu ovog proširenja zauzimaju retke filamentozne čekinje.

4.7.1.5. *Baetis (Baetis) vernus* Curtis, 1834

Iako je vrsta *Baetis vernus* česta u uzorcima makrozobntosa tekućica, tokom realizacije ovih istraživanja zabeležena je samo u rekama Mlavi i Vrli. Generalno, ima širu ekološku valencu u odnosu na preferenciju staništa (može naseliti i epiritralne zone tekućica, ali i potamalne zone). Na reci Mlavi, neposredno na lokalitetu ispod ribnjaka, registrovana je veća brojnost jedinki ove vrste (32 jedinke), što ukazuje na njenu tolerantnost na organski vid zagađenja. Ukupan uzorak ove vrste iz obe reke iznosio je svega 49 jedinki. Takođe, primećeno je da među jedinkama iz Mlave postoje dve forme — svetlije i tamnije.

Bitni morfološki karakteri za razlikovanje vrste *B. vernus* su:

Glava. Boja glave je žuta do maslinasta, a šare, levo i desno od epikranijalne suture, su braon boje i predstavljaju inserciju mičića frontoklipeusa (Slika 71.A). Bitan dijagnostički karakter za razlikovanje vrsta u okviru *vernus* grupe je izgled fronsa. Kod vrste *B. vernus* frons je trouglast, distalno se završava tupim uglom, a lateralne ivice po sredini su blago konkavne (Slika 71.A). Prvi segment antenalnog članka je sa brojnim filamentoznim čekinjama, kao i manje-više brojnim ljuspastim čekinjama i njihovim osnovama. Takođe, moguće je uočiti pojedinačne čulne ćelije tipa *sensillae campaniformae* i pojedinačne snažne čekinje kao kod vrste *B. rhodani*.

Pronotum. Žuto-braon boje, sa uočljivim tamnim mrljama, sa obe strane pronotuma uz medijalnu liniju (Slika 71.C). Na površini pronotuma se nalaze filamentozne čekinje, osnove čekinja i najčešće konične ljuspaste čekinje.

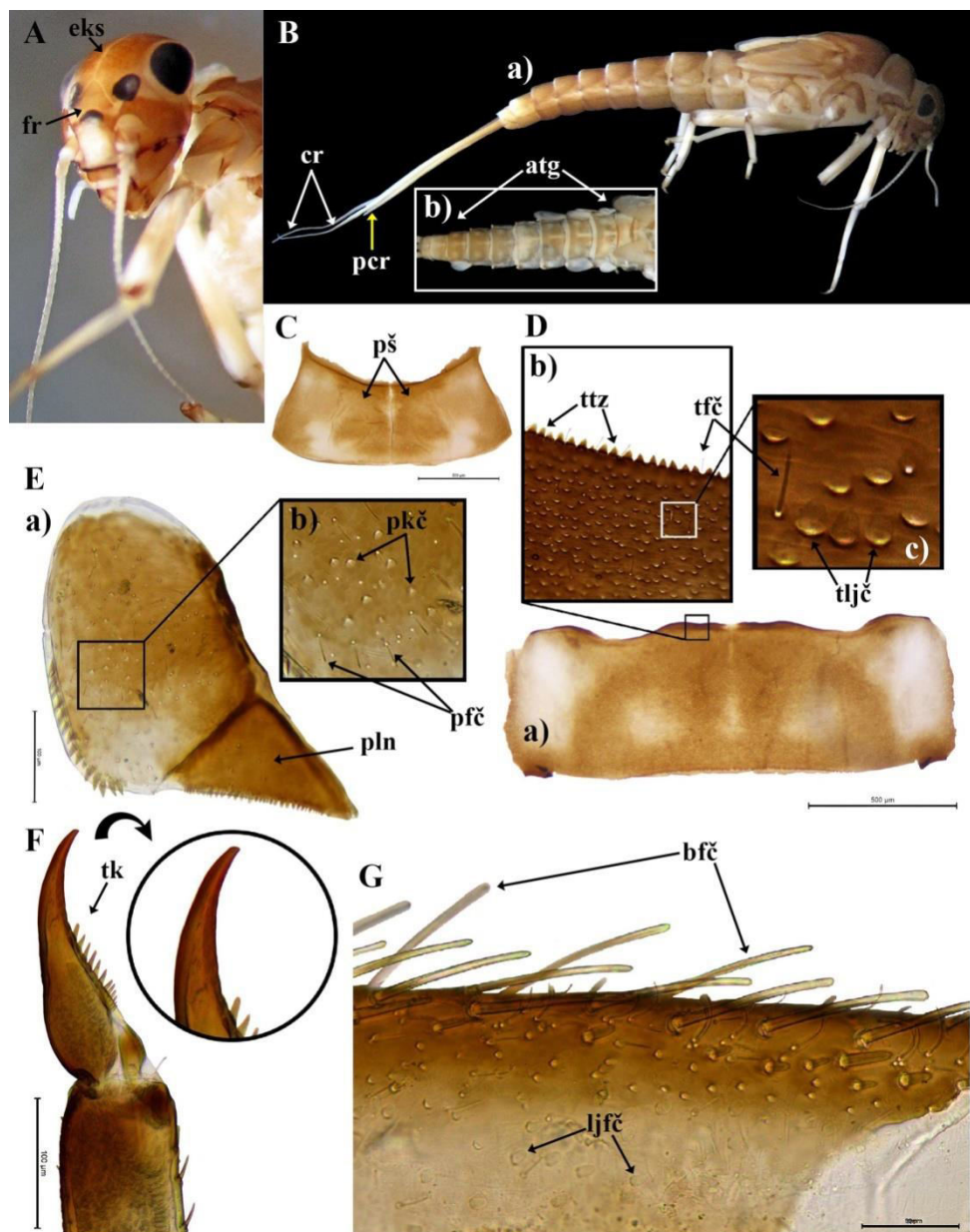
Abdominalni tergiti. Izgled šara na tergitima je znatno varijabilan, naročito kada se vrši poređenje populacija različitih slivova ili vodotokova. Uglavnom, prvi abdominalni tergiti su svetlo smeđi (braon) sa parom svetlih, medijalnih šara u vidu tački, koje su na

petom tergitu kod jedinki iz populacija reka Mlave i Vrle najčešće spojene, tako da je tamnije polje slabije izraženo (Slika 71.B.b). Deveti i deseti tergiti su najčešće svetli. Kod jedinki iz populacija sa reke Mlave, po sredini tergita, može se primetiti svetla, mediolongitudinalna traka (Slika 71.B.b). Posteriorna ivica abdominalnih tergita je sa trouglastim zubićima, koji su obično duži nego širi. Površina tergita je sa koničnim, ljuspastim čekinjama (koje se slabo vide na mikroskopskim preparatima, najverovatnije usled transparentnosti), brojnim osnovama čekinja i tankim, filamentoznim čekinjama koje se pružaju mestimično, između napomenutih.

Cerci. Svetlo braon boje, na vrhu su nešto tamniji. Sa unutrašnje strane ceraka smeštene su tamnije lateralne sete. Pri kraju ceraka, ove sete su nešto svetlije, tako da odaju utisak svetlog prstena na toj površini ceraka. Dužina ceraka dostiže polovinu dužine tela. Paracerk je neznatno kraći u odnosu na cerke (Slika 71.B.a).

Ekstremiteti. Boja nogu je svetlo žuta sa tamnijim spojevima između članaka, to je naročito uočljivo na spoju tibije i femura (Slika 71.B). Tarzalne kandžice su tamnije (Slika 71.F). Dorzalna ivica femura sa redom batinastih čekinja, koje su nepravilno oragnizovane, najčešće u jednom redu (Slika 71.G). Po površini femura i ispod niza batinastih čekinja uočavaju se i kratke, jake čekinje sa tupim vrhovima. Ventralno, duž posterioarne ivice femura pozicionirane su jake, kratke čekinje sa špicastim vrhovima. Po površini femura se ponekad mogu uočiti konične ljuspaste čekinje i njihove osnove. Spoljašnja ivica tarzusa je sa tankim i špicastim čekinjama. Čekinje duž unutrašnje ivice tarzusa su takođe špicaste, ali jače (snažnije). Broj zubića na tarzalnoj kanžici iz populacija sa obe reke iznosi dvanaest (Slika 71.F).

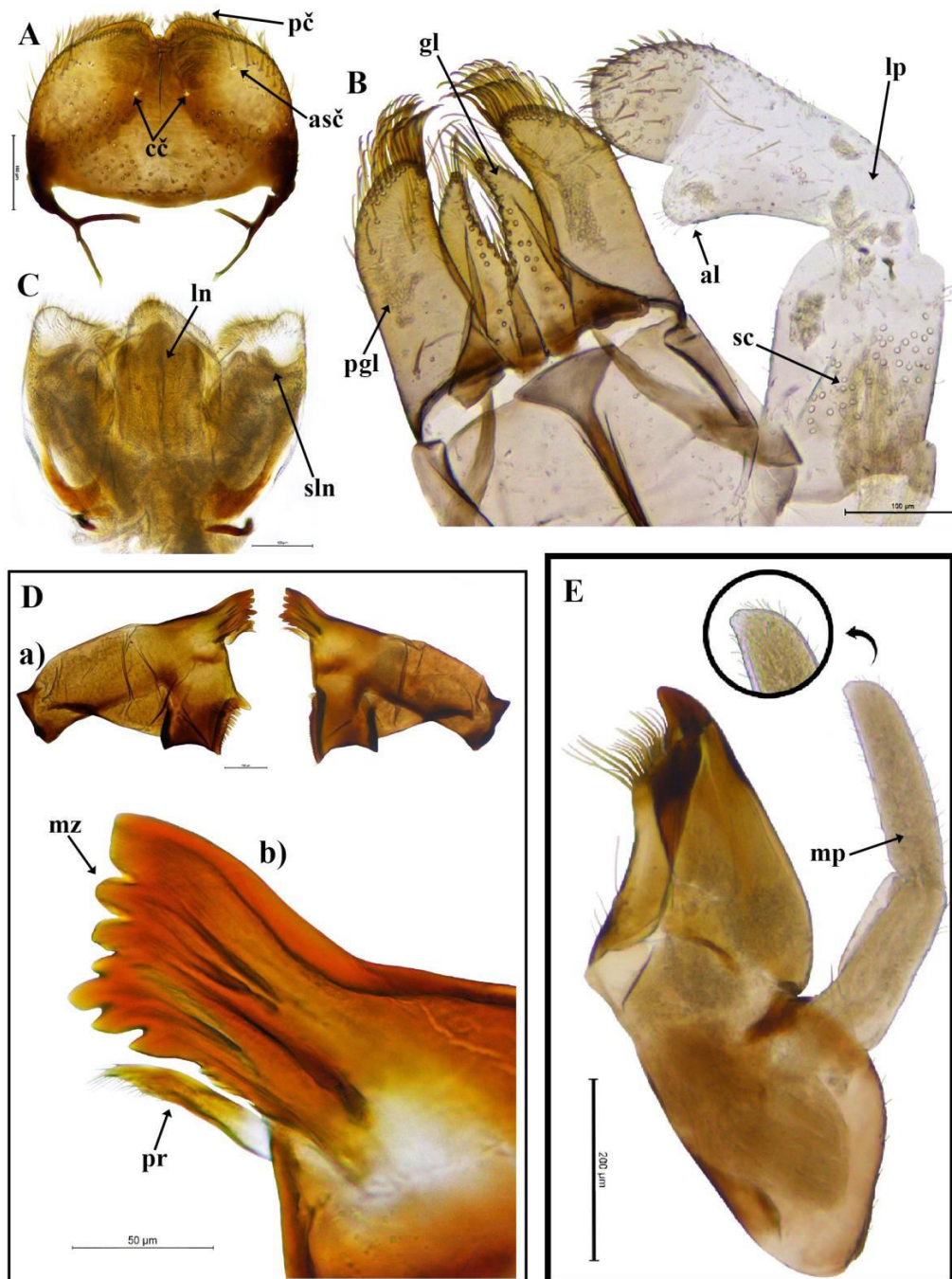
Paraprokt. Skoro celom dužinom unutrašnje ivice paraprokta, pozicionirani su zubići uglavnom iste dužine, koji se prostiru u jednom nizu (Slika 71.E.a). Površina paraproktalne ploče je sa brojnim filamentoznim čekinjama i koničnim čekinjama i njihovim osnovama (Slika 71.E.b). Kod jedinki iz pojedinih populacija iz Mlave i Vrle, po površini paraprokta mestimično se može primetiti prisustvo reljefastog polja sa hitinoznim zubićima. Po površini postero-lateralnog proširenja nalaze se filamentozne čekinje, a kod jedinki iz reke Vrle i pojedinačne osnove čekinja. Ivice ovog proširenja su za zubićima koji se završavaju oštrim uglom.



Slika 71. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis vernus*. I. (A) Izgled glavenog regiona; (B) Habitus larve: (a) lateralni izgled larve; (b) abdominalni tergiti; (C) Pronotum; (D) Tergit: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornjoj ivici tergita; (c) ljustaste čekinje; (E) Paraprokt: (a) izgled paraprokta; (b) površina na paraproktalnoj ploči; (F) Tarzalna kandžica; (G) Dorzalna ivica femura. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (bfč) batinaste femoralne čekinje; (cr) cerci; (eks) epikranijalna sutura; (fr) frons; (lfč) ljustaste femoralne čekinje; (pcr) paracerc; (pfč) paraproktalne femoralne čekinje; (pkč) paraproktalne konične ćelije; (pln) posterolateralni nastavak; (pš) pronotalna šara; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tljč) tergitne ljustaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (G): 50 μm; (E, F): 100 μm; (C, D.a): 500 μm.

Labrum. Razlikuje se jedan par centralnih čekinja i pet do sedam anteriornih, submarginalnih čekinja. Lateralne ivice labruma, bliže apikalnom delu, su zaobljene

(izrazito konvekse), a središnji usek labruma je izražen (Slika 72.A). Duž same anteriorne ivice labruma uočljive su kratke peraste čekinje. Po celoj površini labruma prisutne su tanke i kratke filamentozne čekinje sa uočljivim osnovama.



Slika 72. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis vernus*. II. (A) Labrum; (B) Labijum; (C) Hipofarinks; (D) Mandibule: (a) izgled mandibula; (b) mandibularni zubići desne mandibule; (E) Maksila. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (cč) centralne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mp) maksilarni palp; (mz) mandibularni zubići; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pr) prosteka (sc) *sensillae campaniformae*; (sln) superlingua. Skale: (D.b): 50 µm; (A-C, D.a): 100 µm; (E): 200µm.

Hipofarinks. Nalikuje hipofaringsu vrste *B. vernus*. Generalno je nešto širi, a proksimalne ivice superlingua su ravnije (Slika 72.C).

Maksilarni palpi. Prvi i drugi segment maksilarnog palpa su približno iste dužine (Slika 72.E). Ponekad mogu premašiti dužinu galee i lacinije, kao u slučaju jedinki iz populacija sa reke Vrle. Vrh drugog segmenta maksilarnog palpa se završava blago špicasto.

Labijum. Paraglose su sa tri paralelna reda čekinja i sva tri reda su uočljiva. Treći segment **labijalnog palpa** je asimetričan, sa više zaobljenom unutrašnjom ivicom, širi je nego duži (Slika 72.B). Po prednjoj površini trećeg segmenta labijalnog palpa prisutne su jake, špicaste čekinje sa vidljivim osnovama. Takođe, između ovih čekinja mogu se uočiti, filamentozne, kratke čekinje i njihove osnove. Apikalni lobus na drugom članku je prominentan, skoro polukrušan. Na drugom članku labijalnog palpa, blizu ivice, smešteno je četiri do pet dugih čekinja u nizu (Slika 72.B). Na prvom članku labijalnog palpa uočava se grupacija čulnih ćelija – *sensillae campaniformae* (Slika 72.B).

Mandibule. Spoljašnja grupa incizora se završava tupim uglom. Prvi incizor u nizu je nešto širi u odnosu na drugi (Slika 72.D.a.). Na ivici spoljašnje grupe incizora desne mandibule, prisutan je apikalni zubić, koji se na mikroskopskim preparatima može videti kao zubić ispod donje površine mandibule. Unutrašnja ivica desne mandibule, pre incercije prosteke, je nazubljena (Slika 72.D.b). Površina osnove mandibule je sa filamentoznim, kratkim čekinjama i izolovanim ljustastim čekinjama i njihovim osnovama. Prisutne su i pojedinačne čulne ćelije *sensillae campaniformae*.

4.7.1.6. *Baetis (Nigrobaetis) muticus* (Linnaeus, 1758)

U poređenju sa ostalim identifikovanim vrstama roda *Baetis*, vrsta *B. muticus* obično nije dominantna u uzorcima makrozobentosa iz tekućica. Naseljava zonu epiritrala i hiporitrala, a smatra se euritermnom vrstom. Iako generalno nije abudantna vrsta, u reci Rači, Rasini i Vrli pronađena je na svim istraživanim lokalitetima, barem tokom jedne sezone istraživanja. Njeno prisustvo registrovano je i na pojedinim lokalitetima u Studenici, Trešnjici i Radovanskoj reci. Zabeleženo je ukupno 567 jedinki, a najveća brojnost je registrovana u reci Vrli (181 jedinka).

U tekstu koji sledi dat je opis bitnih morfološki karaktera na osnovu kojih je moguće izvršiti preciznu identifikaciju vrste *B. muticus*.

Glava. Najčešće je uniformno obojena, tamno braon boje. Skapus antena je sa filamentoznim čekinjama, ljuspastim čekinjama i trapezoidnim osnovama čekinja.

Pronotum. Tamnije koloracije, sa svetlim medio-longitudinalnim trakama i dve velike i difuzne svetlije tačke (mrlje) lateralno.

Abdominalni tergiti. Drugi do osmi abdominalni tergite je tamno braon boje, sa medijalno postavljenom svetlom tačkom, koja ponekad duž tergita može formirati longitudinalnu traku (Slika 73.B). Prvi, deveti i deseti tergite su pretežno svetli. Posteriorna ivica tergita sa trouglastim zubićima koji alterniraju sa kratkim i tankim setama (Slike 73.C.a, C.b). Površina tergita sa brojnim trapezoidnim osnovama čekinja (Slike 73 C.b, C.c).

Cerci. Braon boje, tamniji u prvoj (apikalnoj) trećini. Dužina ceraka skoro dostiže dužinu abdomena. Paracerk iznosi jednu trećinu dužine cerka.

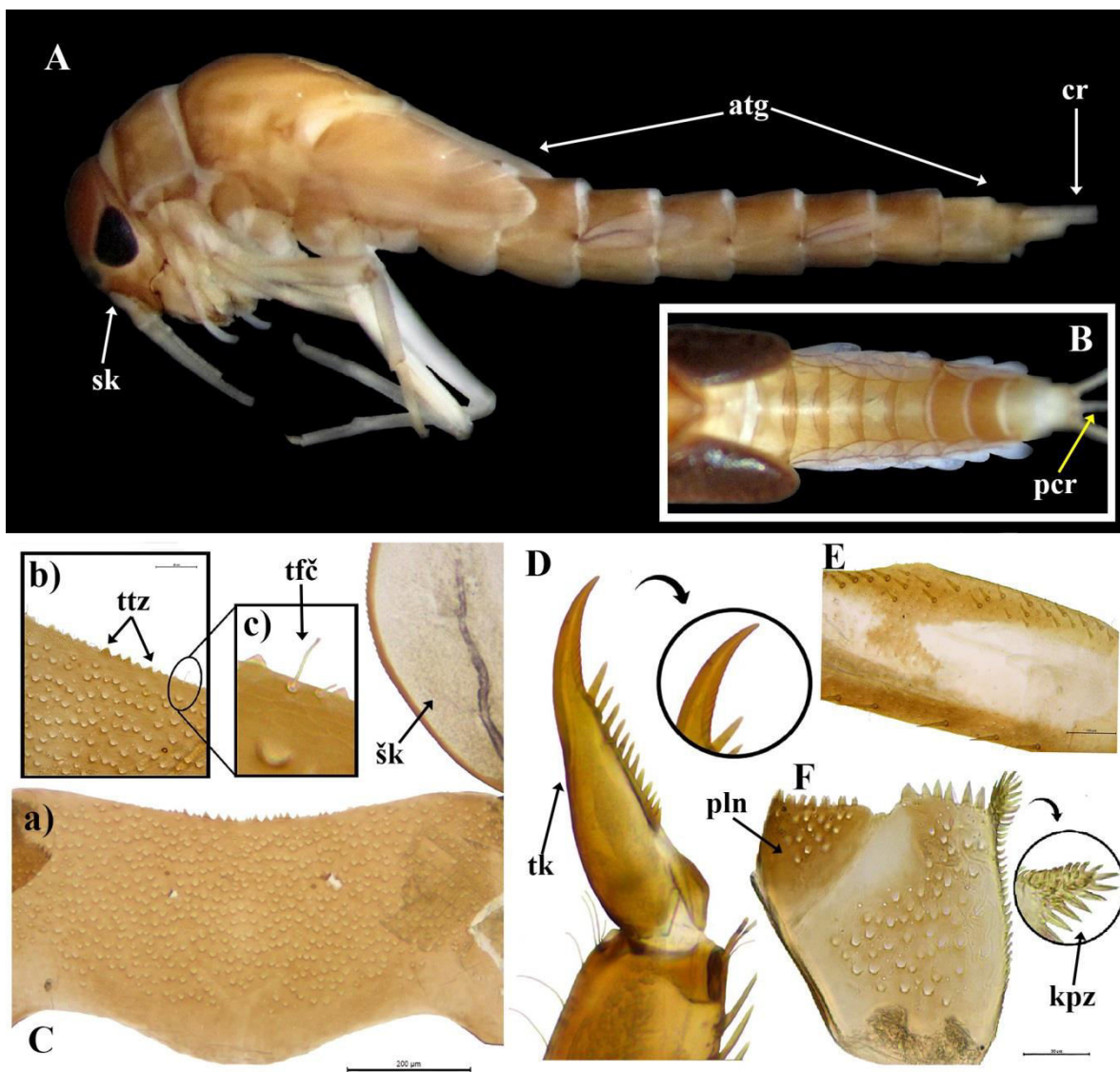
Ekstremiteti. Femuri su braon boje sa velikom, difuznom i svetlom tačkom. Dorzalna ivica femura sa oko deset jakih čekinja (Slika 73.E) između kojih se pružaju tanke, filamentozne čekinje. Ventralna strana femura, duž ivice, sa jakim ali kraćim čekinjama, koje se špicasto završavaju (Slika 73.E). Po površini femura uočljive su ljuspaste čekinje, osnove čekinja kao i čulne ćelije *sensillae campaniformae*. Tarzalne kandžice su izdužene i nose dvanaest zubića (Slika 73.D).

Paraprokt. Brojni zubići prisutni su duž unutrašnje, lateralne ivice, kao i duži zubići u distalnom delu kaudalne ivice koja se završava nastavkom sa većim brojem izraženih bodlji (Slika 73.F). Površina paraprokta je sa vršno iskrzanim, kratkim čekinjama (koje se teže uočavaju na mikroskopskim preparatima iz istrživanih populacija), zatim brojnim trapezoidnim osnovama, kao i pojedinačnim retkim i tankim čekinjama. Ivica postero-lateralnog proširenja odlikuje se prisustvom zubića koji se završavaju oštrim ili tupim uglom. Po površini ovog proširenja, mogu se uočiti retke filamentozne čekinje i trapezoidne osnove čekinja.

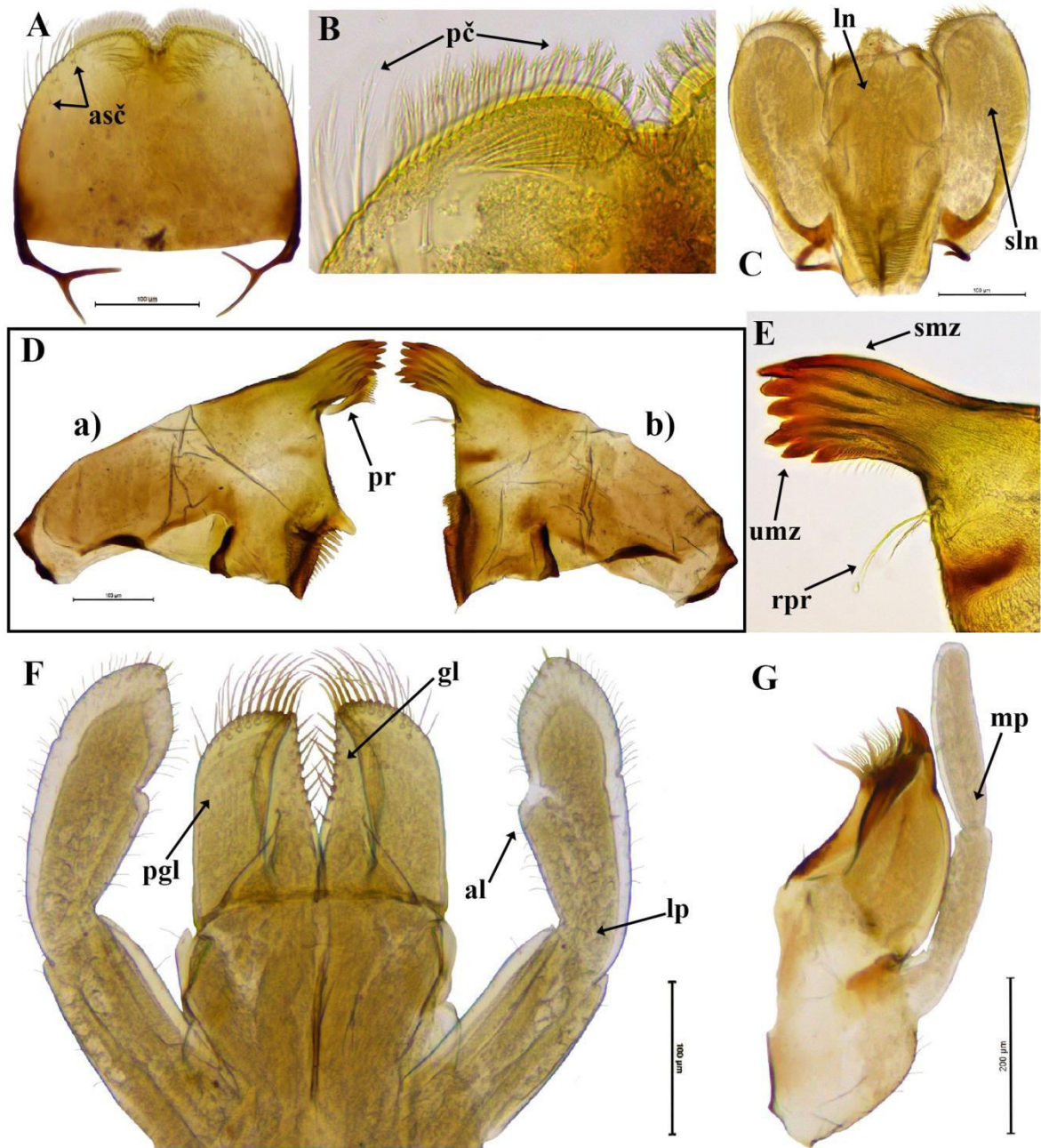
Labrum. Širina labruma skoro je jednaka njegovoj dužini, lateralno je konveksan (Slika 74.A). Centralni usek je prilično izražen. Apikalne, submarginalne čekinje su slabo vidljive na preparatima i obično ih je dve do tri. Prisutan je i jedan par centralnih čekinja. Duž apikalne ivice mogu se uočiti peraste čekinje, u centralnom delu one su

kraće, dok su bočno duže (Slika 74.B). Po površini labruma prisutne su tanke, duge i kratke čekinje sa uočljivim osnovama.

Hipofarings. Sličan hipofaringsu kod vrste *B. vernus*. Lingue su sa tri lobusa, s tim da su lateralni lobusi slabo izraženi (Slika 74.C). Središnji lobus lingua duž apikalne ivice nosi kratke sete. Superlingue odlikuje prisustvo dugih seta duž unutrašnje strane apikalnih ivica (ka linguama).



Slika 73. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis muticus*. I. (A) Habitus larve; (B) Abdominalni tergiti; (C) Tergit: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (c) trapezoidna osnova čekinja; (D) Tarzalna kandžica; (E) Femur; (F) Paraprokt. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (cr) cerck; (kpz) kaudalni paraproktalni zubići; (pcr) paracerk; (pln) posterolateralni nastavak; (sk) skapus; (šk) škrga; (tfč) tergitne filamentozne čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (C.b, F): 50 μm ; (E): 100 μm ; (C.a): 200 μm .



Slika 74. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis muticus*. II. (A, B) Labrum; (C) Hipofarinks; (D) Mandibule: (a) izgled leve mandibule; (b) izgled desne mandibule; (E) mandibularni zubići desne mandibule; (F) Labijum; (G) Maksila. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pr) prosteka; (rpr) redukovana prosteka; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: (A, C, D, F): 100 μm ; (G): 200 μm .

Maksilarni palpi. Premašuju dužinu lacinija i galea (Slika 74.G). Vrh maksilarnog palpa se završava tupim uglom.

Labijum. Paraglose su sa tri reda čekinja, od kojih je prvi red kraći za oko jednu petinu u odnosu na druga dva (Slika 74.F). Distalni deo **glose** sa grupom od 15 do 35 čekinja smeštenih u sredini. Treći segment **labijalnog palpa** je simetričan, izdužen i trouglast sa konveksnim ivicama, završava se tupim uglom (Slika 74.F). Uz samu ivicu ili submarginalno duž ovog segmenta, smeštene su jake čekinje. Apikalni lobus drugog segmenta labijalnog palpa je slabo izražen. Drugi segment labijalnog palpa je sa nizom oštih čekinja.

Mandibule. Spoljašnja grupa incizora leve i desne mandibule je kraća u odnosu na unutrašnju grupu. Prvi spoljašnji incizor je najkraći, poredivši ga sa incizorima i unutrašnje i spoljašnje grupe (Slike 74.D.a, D.b). Red tankih, filamentoznih čekinja prisutan je duž ivice zadnjeg incizora unutrašnje grupe. Obeležje ove vrste je redukovana desna prosteka, koja je svedena na svega dva filameta (Slika 74.E). Leva prosteka je masivna, nosi osam do devet kratkih zubića koji su na krajevima obli, kao i do tri oštra trna.

4.7.1.7. *Baetis (Rhodobaetis) rhodani* (Pictet, 1843)

Vrsta koja je često dominantna među predstavnicima roda *Baetis*. Ima širok areal i naseljava zonu ritrala do potamala. Najčešće je vezana za kameniti tip supstrata, mada se može naći i među akvatičnim makrofitama. O tome koliko je česta, ide u prilog činjenica da su jedinke ove vrste pronađene na skoro svim lokalitetima i sezonama istraživanih tekućica. Izuzetak čine lokaliteti koji predstavljaju tipična izvorska staništa sa specifičnom zajednicom makroinvertebrata, gde se *B. rhodani* retko može naći (prvi lokalitet –limnokreno vrelo na reci Mlavi). Sa ukupno 11.090 identifikovanih jedinki predstavlja najbrojniju vrstu ovog roda u istraživanim rekama. Najveću brojnost dostigla je na reci Rasini, sa 2212 prikupljenih jedinki.

Bitni dijagnostički karakteri za razlikovanje ove vrste su:

Antene. Svetlo žute, proksimalno su tamnije. Skapus sa kratkim i širokim ljuspastim čekinjama (Slika 75.E). One se mogu uočiti i na pedicelu, ali su nešto duže.

Pronotum. Uočljiva specifična šara na pronotumu, na osnovu koje se ova vrsta može prepoznati (Slika 75.A.b).

Abdominalni tergiti. Boja tergita varira, od žute braon do svetlo braon, sa dve tamne, simetrično postavljene tačke koje se manje ili više mogu uočiti kod jedinki iz različitih populacija (Slika 75.B). Prvi, drugi, peti i deveti tergite su obično svetliji. Površina tergita je sa špatulastim i kratkim koničnim, ljustastim čekinjama (Slika 75.C.b). Konične čekinje su ređe zastupljene i smeštene su u blizini proksimalne ivice tergita (Slika 75.C.c). Po površini tergita vide se i fine, tanke čekinje, kao i veliki broj osnova čekinja (Slika 75.C.b). Proksimalna ivica tergita je sa špatulastim, ljustastim čekinjama i trouglastim trnovima (Slika 75.C.c). Trouglasti zubići su zastupljeni počev od četvrtog segmenta, gde njihova brojnost raste ka zadnjem segmentu. Na mikroskopskim preparatima često se mogu prevideti.

Cerci. Boja ceraka je žuta, apikalno su tamniji. Tamnija obojenost ceraka može se uočiti i u središnjem delu. Paracerk je oko tri četvrtine dužine cerka ili duži. Duž unutrašnje ivice ceraka i sa obe ivice paracerka, smeštene su fine sete.

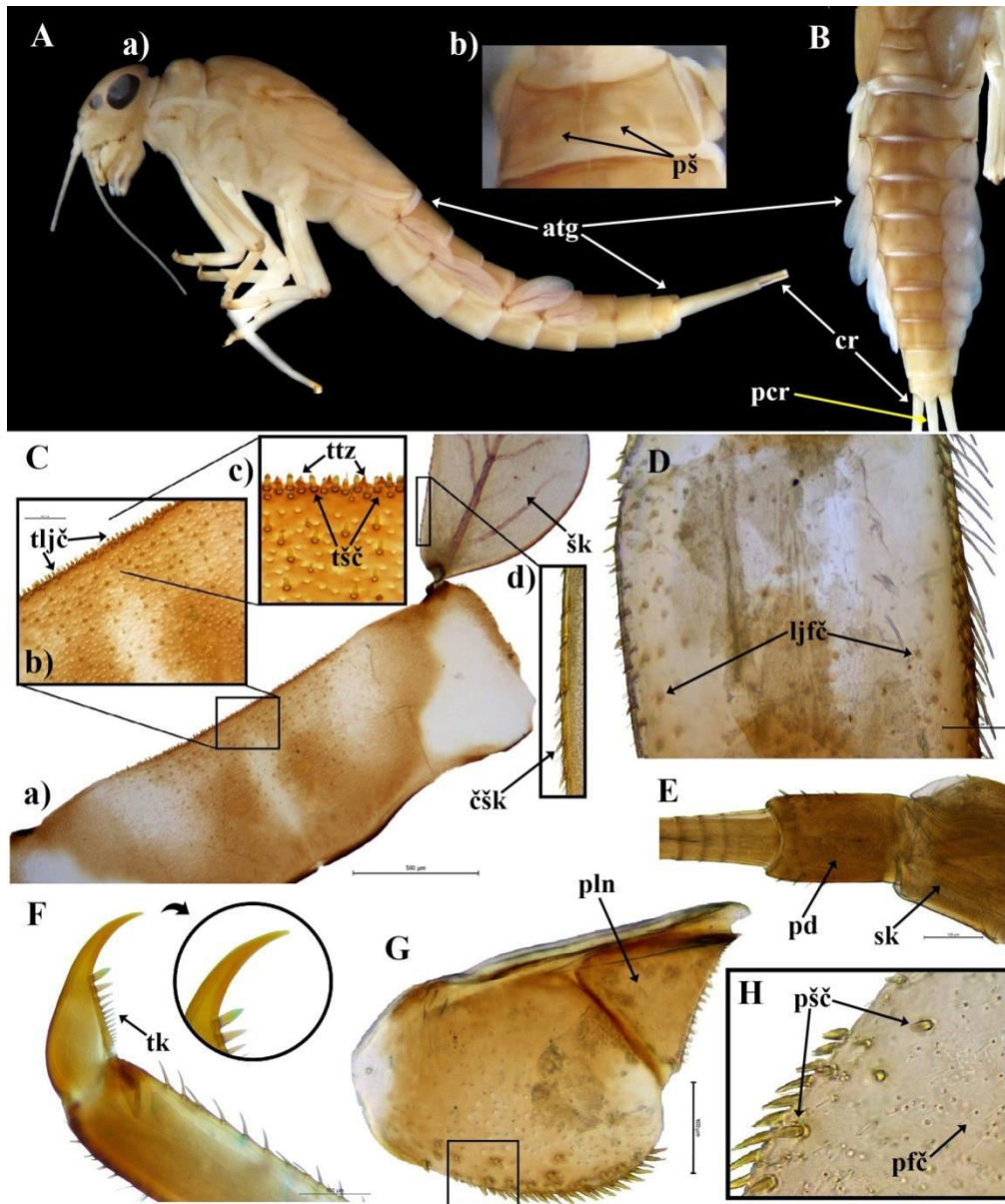
Škrge. Jedno od osnovnih obeležja ove vrste je prisustvo jakih čekinja na spoljašnjoj (dorzalnoj) ivici škrge (Slika 75.C.d). Između čekinja, prisutne su fine, tanke sete. Ventralna ivica škrge je tamnije pigmentisana, najčešće braon boje (Slika 75.C.a).

Ekstremiteti. Femuri su svetlo smeđe boje, proksimalno i distalno sa žutim obeležjem (šarama) (Slika 75.A.a). Dorzalna ivica femura je sa dugim čekinjama koje se završavaju tupim uglom ili mogu biti špicaste (Slika 75.D). Duž dorzalne strane, submarginalno, najčešće u dva reda, smeštene su kratke i jake čekinje. Po površini femura uočljive su ljustaste čekinje, kao i brojne osnove čekinja. Broj zubića na tarzalnim kandžicama je najčešće iznosi sedam, a po veličini ovi zubići rastu ka samom vrhu tarzalne kanžice (Slika 75.F).

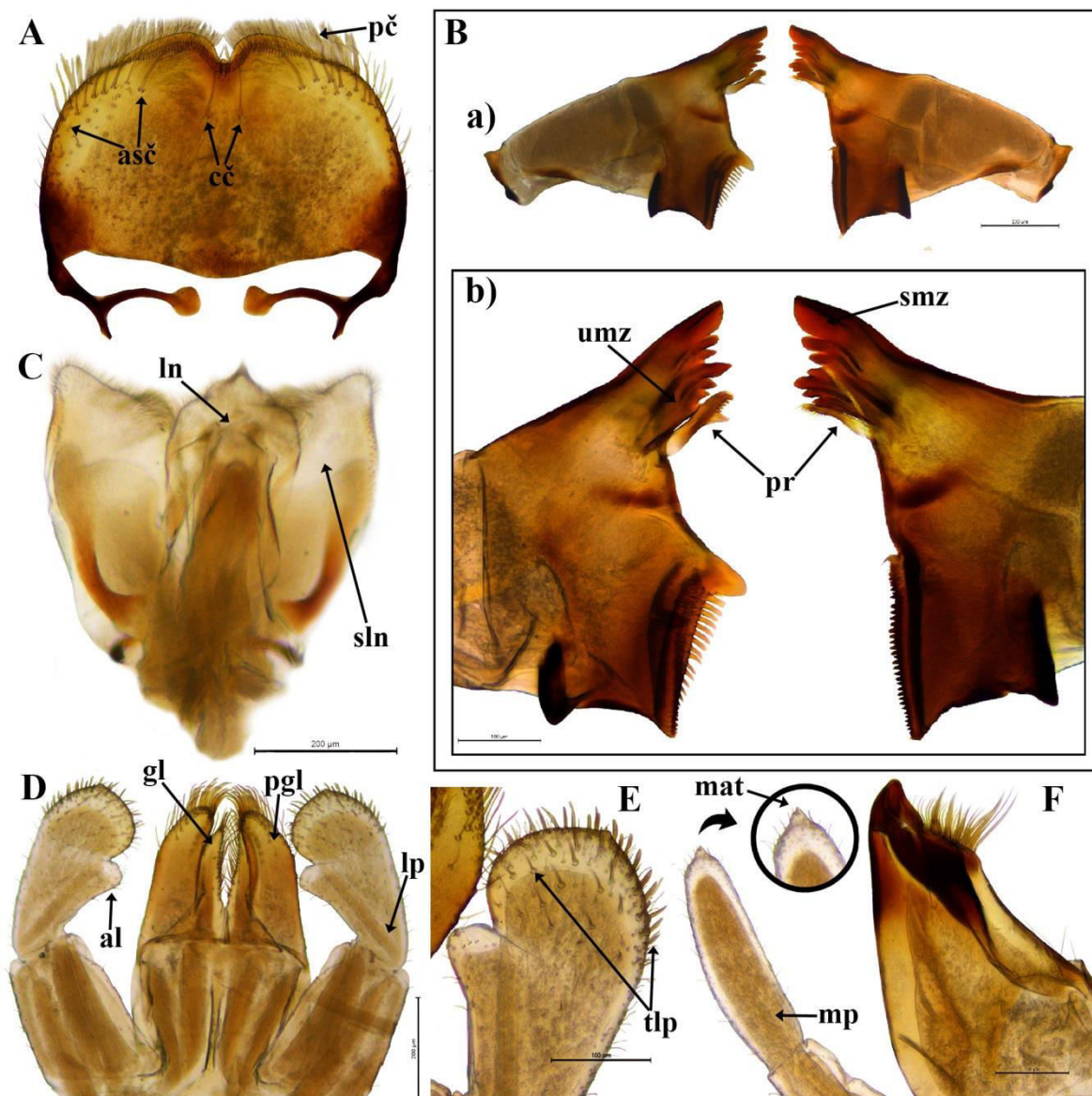
Paraprokt. Unutrašnja ivica paraprokta sa 14 do 21 tnova (Slika 75.G). U blizini distalne ivice paraprokta smeštene su ljustaste, špatulaste sete (Slika 75.H). Po površini paraproktalne ploče uočavaju se i fine, tanke čekinje i osnove čekinja (Slika 75.H). Posterolateralno proširenje paraprokta sa kraćim trnovima i tankim čekinjama po površini (Slika 75.G).

Labrum. Lateralne ivice labruma su oble, izražajno konveksne, a distalne ivice manje-više ravne (Slika 76.A). Broj submarginalnih čekinja na labrumu kretao se od sedam do deset kod jedinki iz različitih populacija. Organizovane su najčešće u jednom redu.

Prisutan je i par centralnih čekinja. Distalno, duž ivice labruma uočljive su duge, peraste čekinje.



Slika 75. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis rhodani*. I. (A) Habitus larve: (a) lateralni izgled larve; (b) pronotum; (B) Abdominalni tergiti; (C) Tergit sa škrgeom: (a) izgled tergita; (b) testerasti zubići na posteriornoj ivici tergita; (c) čekinje proksimalnog dela tergita; (d) čekinje na dorzalnoj ivici škrge; (D) Femur; (E) Skapus antene; (F) Tarzalna kandžica; (G) Paraprokt; (H) Paraproktalna ploča. Oznake: (atg) abdominalni tergiti; (cr) cerc; (čšk) čekinje na škragama; (ljfč) ljušpaste femoralne čekinje; (pcr) paracerk; (pd) pedicel; (pfč) paraproktalne filamentozne čekinje; (pln) posterolateralni nastavak; (pš) pronotalna šara; (pšč) paraproktalne špatulaste čekinje; (sk) skapus; (šk) škrge; (tljč) tergitne ljušpaste čekinje; (tk) tarzalna kandžica; (tšč) tergitne špatulaste čekinje; (ttz) tergitni trouglasti zubići. Skale: (C.b, D-G): 100 μm; (C.a): 500 μm.



Slika 76. Dijagnostički karakteri kod vrste *Baetis rhodani*. II. (A) Labrum; (B) Mandibule: (a) izgled mandibula; (b) izgled mandibularnih zubića; (C) Hipofarinks; (D) Labijum; (E) Labijalni palp; (F) Maksila. Oznake: (al) apikalni lobus; (asč) anteriorne submarginalne čekinje; (cc) centralne čekinje; (gl) glosa; (ln) lingua; (lp) labijalni palp; (mat) maksilarni apikalni trn; (mp) maksilarni palp; (pč) peraste čekinje; (pgl) paraglosa; (pr) prosteka; (sln) superlingua; (smz) spoljašnji mandibularni zubići; (tlp) trnovi labialnog palpa; (umz) unutrašnji mandibularni zubići. Skale: (B.a, C, D): 100 μ m; (B.b, E, F): 200 μ m.

Hipofarings. Lingua hipofaringsa je sa tri lobusa. Centralni lobus je najširi i apikalno nosi fine sete (Slika 76.C). Superlingue su istih dužina kao i lingue.

Maksilarni palpi. Vrh distalnog (drugog) segmenta maksilarnog palpa je sa ispupčenjem i čekinjom na vrhu (Slika 76.F).

Labijum. Glose su kraće u odnosu na paraglose, trouglaste i sa širokim osnovama. Unutrašnja ivica glose i njena distalna, spoljašnja ivica sa čekinjama srednje dužine. Paraglose su sa tri, pravilo organizovana reda čekinja, koje su na vrhu zakrivljene (Slika 76.D). Treći segment labijalnog palpa je nešto kraći u poređenju sa prvim i drugim segmentom. Apikalni lobus drugog segmenta je jasno izražen, a na samom segmentu nalazi se red čekinja kojih je najčešće pet u nizu. Treći segment labijalnog palpa je blago zašiljen na vrhu, njegova unutrašnja ivica je više konveksna nego spoljašnja i blago je asimetričan (Slika 76.E). Marginalno i submarginalno, na trećem segmentu, smeštene su jake čekinje.

Mandibule. Desna mandibula sa ukupno sedam incizora, od kojih je prvi u nizu (u okviru spoljašnje grupe) najširi (Slike 76.B.a, B.b). Prosteka je izdužena i tanka. Leva mandibula je sa šest incizora, od kojih je, takođe, prvi u nizu najširi. Prosteka leve mandibule je masivnija, sa 5 do 6 zubića u nizu i sa tri trnolika nastavka (Slika 76.B.b). Proksimalni deo desne i leve mandibule je sa brojnim, sitnim čekinjama.

4.7.2. Molekularna analiza larvi roda *Baetis*

Barkoding region citohrom oksidaze subjednice I mitohondrijalne DNK (mtCOI) umnožen je kod svih 11 larvi koje su na osnovu morfoloških karaktera determinisane kao: *Baetis alpinus*, *B. cf. vernus*, *B. lutheri*, *B. fuscatus* grupa i *B. melanonyx* (Tabela 50, Slika 77).

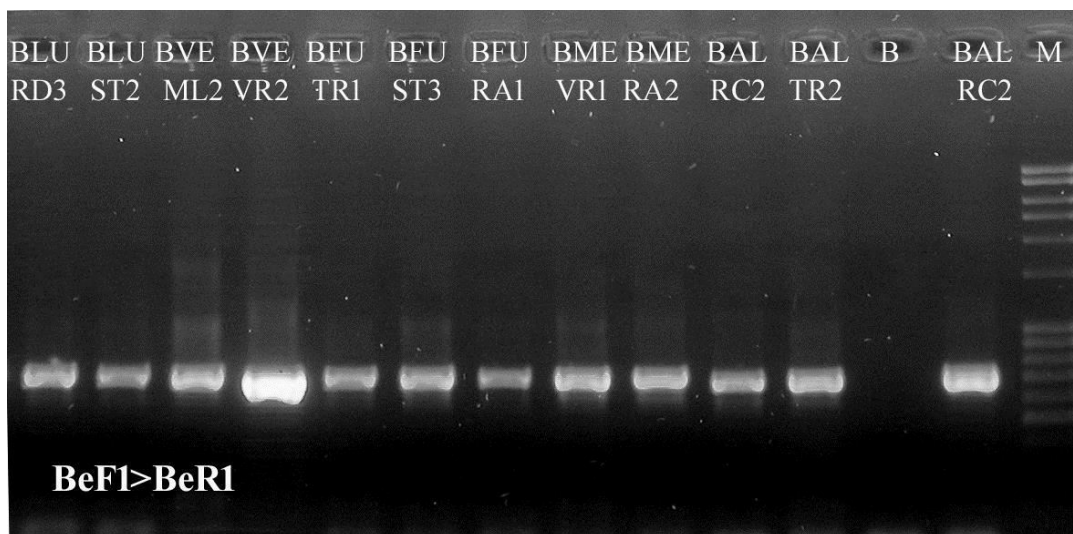
Sekvence mtCOI svih pet vrsta *Baetis* su analizirane BLAST metodom, tako što su pojedinačno upoređene sa svim sekvencama barkoding regiona koje su dostupne u bazama podataka National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov) i BOLD Systems (<http://www.barcodinglife.org>). NCBI baza sadrži sekvence iz radova koji su podneti u časopise, ali ne nužno i prihvaćeni. Pošto su sve sekvence iz NCBI baze dostupne, za poređenje sa srpskim sekvencama, preuzete su samo referentne sekvence iz radova koji su publikovani. U BOLD bazi postoje preko 4 miliona barkoding sekvenci iz radova koji su podneti u časopise (tzv. *early release*), kao i oni prihvaćeni, međutim mogu biti preuzete samo sekvence iz radova koji su prihvaćeni za objavljivanje. Svakako, BOLD poredi sekvence sa svojom celokupnom bazom podataka i prikazuje rezultat analize u vidu procenta sličnosti sa određenim

vrstama, s tim da u zavisnosti od toga da li je rad prihvaćen, čini referentne sekvence dostupnim za kvalitativna poređenja proteinskog sastava. U molekularnim analizama iskorišćeni su kapaciteti obe banke gena za svaku vrstu pojedinačno.

Tabela 50. Primerci vrsta roda *Baetis* koji su analizirani molekularnom metodom, lokaliteti i datum sakupljanja i identifikacioni kod kojim su obeležene sekvence.

Vrsta	Lokalitet	Datum	ID
<i>Baetis lutheri</i>	Radovanska reka, Boljevac	10.05.2012	BLU-RD3
<i>Baetis lutheri</i>	Studenica, Golija	15.05.2012	BLU-ST2
<i>Baetis cf. vernus</i>	Mlava, Žagubica	09.05.2012	BVE-ML2
<i>Baetis cf. vernus</i>	Vrla, Vlasina	07.07.2011	BVE-VR2
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Trešnjica, Povlen	15.06.2004	BFU-TR1
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Studenica, Golija	22.06.2011	BFU-ST3
<i>Baetis fuscatus</i> grupa	Rasina, Pleš	05.10.2011	BFU-RA1
<i>Baetis melanonyx</i>	Rasina, Pleš	05.07.2011	BME-RA2
<i>Baetis melanonyx</i>	Vrla, Vlasina	07.07.2011	BME-VR1
<i>Baetis alpinus</i>	Trešnjica, Povlen	17.03.2004	BAL-TR2
<i>Baetis alpinus</i>	Rača, Bajina Bašta	26.02.2012	BAL-RC2

Barkoding sekvence primeraka *B. fuscatus* grupe sa tri različita lokaliteta, BFU-TR1, BFU-ST3 i BFU-RA1, dužine 634 bp su poređene i utvrđena evolutivna distanca je od 1,4 do 1,8% (Tabela 51). Ovi primerci su primarno identifikovani kao *B. fuscatus* grupa, međutim BLAST analizom nije utvrđena sličnost na nivou vrste ni sa jednom referentnom barkoding sekvencom *B. fuscatus* u bazi NCBI. U Tabeli 51 su prikazane razlike u nukleotidnom sastavu barkoding sekvenci srpskih primeraka u odnosu na *B. fuscatus* dostupne u NCBI bazi (ID brojevi: LN734688, LN734687, LT626086 i LT626092). Pošto su deponovane sekvence različite dužine, nakon poravnanja i skraćivanja sekvenci na istu dužinu od 599 bp, utvrđene razlike se kreću od 22,1 do 24,3%. S druge strane, za sve tri sekvence BFU-TR1, BFU-ST3 i BFU-RA1 je poređenjem sa sekvencama iz BOLD baze podataka, utvrđena sličnost sa vrstom *B. scambus* u intervalu od 95,77 do 98,37%.



Slika 77. Agarozni gel sa PCR produktima barkoding regiona mtDNK. Prikazani produkti su umnoženi sa parom prajmera BeF1 i BeR1. Uzorci su: *B. lutheri* – BLU-RD3, BLU-ST2; *B. vernus* – BVE-ML2, BVE-VR2; *B. fuscatus* – BFU-TR1, BFU-ST3, BFU-RA1; *B. melanonyx* – BME-VR1, BME-RA2; *B. alpinus* – BAL-RC2, BAL-TR2; B- negativna kontrola; BAL-RC2 – uzorak koji se koristi kao pozitivna kontrola nakon što je na ovom uzorku razvijen protokol i dizajnirani prajmeri.

Barkoding sekvence primeraka *Baetis cf. vernus* sakupljenih na Mlavi (BVE-ML2) i Vlasini (BVE-VR2), su svedene na istu dužinu od 614 bp i upoređene. Svega četiri nukleotidne substitucije su utvrđene, s tim da je samo jedna imala nesinonimni karakter, odnosno dovela do promene aminokiseline u proteinskom sastavu. Analiza u BOLD bazi je potvrdila da BVE-ML2 i BVE-VR2 dele sličnost od 96,73% do 98,48% sa vrstom *B. vernus*. Poređenje sa sekvencama iz NCBI baze potvrdilo je da su primerci BVE-ML2 i BVE-VR2 identifikovani kao najbližiji referentnim sekvencama vrste *Baetis vernus*. Nakon preuzimanja sekvenci iz NCBI baze za molekularne analize (ID brojevi GU727850, GU727849, LT626083, LT626082 i LN734679) i poređenja sa srpskim sekvencama, utvrđena je razlika u barkoding regionu mtDNK od 3,4 do 14,8% (Tabela 52). Čak se i referentne sekvence COI mtDNK razlikuju 13,8 do 14%. U kvalitativnom smislu, i pored velikih nukleotidnih substitucija, samo su dve bile nesinonimne.

Poređenjem sekvenci primeraka *B. lutheri*, BLU-RD3 i BLU-ST2, dužine 602 bp utvrđene su samo dve nukleotidne promene i substitucija jedne aminokiseline. Iz NCBI baze, dve referentne sekvence *B. lutheri*, čiji ID brojevi su LN734686 i LN734685 i dve *Baetis cf. lutheri*, LT626085 i LT626084 (Cardoni *et al.*, 2015; 2016),

dele sličnost od 93,3 do 93,7% sa sekvencama BLU-RD3 i BLU-ST2. Pored njih, u NCBI bazi postoje još samo tri barkoding sekvence, takođe identifikovane kao *B. lutheri*, dužine 505-510 bp (ID brojevi JN164285, JN164286, JN164287; Sroka, 2012), međutim one se razlikuju od srpskih i preostalih referentnih barkoding sekvenci preko 25%. U BOLD bazi, analiza je potvrdila da su srpske sekvence 99,17 do 99,8% slične sa sekvencom vrste *B. lutheri*.

Tabela 51. Razlike u nukleotidnom sastavu COI mtDNK unutar *Baetis fuscatus* grupe.

ID sekvenci	1	2	3	4	5	6
1. BFU_TR1						
2. BFU_RA1	0,018					
3. BFU_ST3A	0,015	0,014				
4. LN734688 *	0,221	0,221	0,223			
5. LN734687 *	0,221	0,221	0,223	0,000		
6. LT626086 **	0,223	0,221	0,221	0,100	0,100	
7. LT626092 **	0,243	0,241	0,231	0,107	0,107	0,107

Referenca za sekvence iz NCBI: Cardoni *et al.*, 2015*; 2016**.

Tabela 52. Razlike u nukleotidnom sastavu COI mtDNK unutar *Baetis vernus* grupe.

ID sekvenci	1	2	3	4	5	6
1. BVE_ML2						
2. BVE_VR2	0,003					
3. GU727850*	0,034	0,030				
4. GU727849*	0,035	0,032	0,002			
5. LT626083**	0,147	0,145	0,138	0,140		
6. LT626082**	0,148	0,146	0,138	0,140	0,003	
7. LN734679***	0,148	0,146	0,138	0,140	0,003	0,000

Referenca za sekvence iz NCBI: Drotz *et al.*, 2012*; Cardoni *et al.*, 2015***; 2016**.

Barkoding sekvence primeraka *B. melanonyx*, BME-RA2 i BME-VR1, dužine 615 bp se međusobom razlikuju u dve nukleotidne substitucije, s tim da su sinonimnog karaktera, odnosno nije došlo do kvalitativnih promena u sastavu aminokiselina koje kodiraju. Poređenjem sa sekvencama iz obe banke gena, potvrđena je najveća sličnost sa vrstom *B. melanonyx*. Tri referentne sekvence su preuzete iz NCBI baze (ID brojevi: LT546427, LT546425 i LT546426) (Tabela 53). Distance utvrđene Tamura-Nei modelom uz bootstrap podršku, se kreću u intervalu od 11,6 do 12,3%. U BOLD sistemu podataka, analiza je potvrdila sličnost sa *B. melanonyx* od 90,19 do 97,7%.

Tabela 53. Razlike u nukleotidnom sastavu COI mtDNK unutar *Baetis melanonyx*.

ID sekvenci	1	2	3	4
1. BME_VR1				
2. BME_RA2	0,003			
3. LT546427*	0,118	0,121		
4. LT546425*	0,121	0,123	0,002	
5. LT546426*	0,116	0,118	0,003	0,005

Referenca za sekvence iz NCBI: Leys *et al.*, 2016*.

Poređenjem barkoding regiona dužine 659 bp utvrđeno je da su sekvence *B. alpinus* sa lokaliteta Trešnjice i Rače, BAL-TR2 i BAL-RC2 jednake. BLAST analiza ustanovila je njihovu sličnost sa četiri sekvence vrste *B. alpinus* iz baze NCBI, koje su preuzete za poređenje (Tabela 54). Nakon poravnanja i skraćivanja sekvenci na istu dužinu od 608 bp, Tamura-Nei modelom su utvrđene razlike između BAL-TR2 i BAL-RC2 i referentnih barkoding sekvenci u intervalu od 20,3% do 23,7% (Tabela 54). Kvalitativnom analizom utvrđeno je da se i pored velikih razlika u nukleotidnom sastavu sekvenci, srpske i referentne sekvence razlikuju u šest amino kiselina od ukupno 202 koliko kodira analizirani region COI mtDNK dužine od 608bp. S druge strane, u bazi BOLD, sekvence BAL-TR2 i BAL-RC2 dele sličnost od 99,22 do 99,53% sa devet sekvenci *B. alpinus*.

Tabela 54. Razlike u nukleotidnom sastavu COI mtDNK unutar *Baetis alpinus* grupe.

ID sekvenci	1	2	3	4	5
1. BAL_TR2					
2. BAL_RC2	0,000				
3. LT546415*	0,203	0,203			
4. LT546411*	0,209	0,209	0,010		
5. HG935012**	0,207	0,207	0,015	0,008	
6. HG935013**	0,237	0,237	0,253	0,253	0,253

Referenca za sekvence iz NCBI: Leys *et al.*, 2016*; Gattolliat *et al.*, 2015**.

Obzirom da pripadaju istoj taksonomskoj grupi, analizirane su razlike između *B. alpinus* i *B. melanonyx*. Nakon poravnjanja i skraćivanja na istu dužinu od 584 bp, analizom sekvenci *B. melanonyx* (BME-RA2, BME-VR1) i *B. alpinus* (BAL-TR2, BAL-RC2), utvrđena razlika u nukleotidnom sastavu je od 22,4 do 22,6% (Tabela 55). U Tabeli 55 se mogu videti i evolutivne distance između srpskih i referentnih sekvenci ove dve vrste.

Tabela 55. Razlike u nukleotidnom sastavu COI mtDNK između *Baetis alpinus* i *B. melanonyx* grupe primenom Tamura-Nei modela za ocenu distance.

ID sekvenci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. BME_VR1_B.melanonyx										
2. BME_RA2A_B.melanonyx	0,003									
3. LT546427_B.melanonyx	0,118	0,121								
4. LT546425_B.melanonyx	0,121	0,123	0,002							
5. LT546426.1_B.melanonyx	0,116	0,118	0,003	0,005						
6. BAL_TR2_B.alpinus	0,224	0,226	0,219	0,217	0,215					
7. BAL_RC2_B.alpinus	0,224	0,226	0,219	0,217	0,215	0,000				
8. LT546415_B.alpinus	0,243	0,248	0,229	0,231	0,234	0,201	0,201			
9. LT546411_B.alpinus	0,248	0,248	0,236	0,239	0,241	0,208	0,208	0,010		
10. HG935012_B.alpinus	0,251	0,251	0,234	0,231	0,238	0,206	0,206	0,016	0,009	
11. HG935013_B.alpinus	0,269	0,272	0,265	0,267	0,264	0,234	0,234	0,255	0,255	0,255

5. DISKUSIJA

5.1. Raznovrsnost zajednica makrozoobentosa istraživanih tekućica

Istorijat izučavanja zajednica makroinvertebrata u Srbiji započinje sredinom prošlog veka istraživanjima Desanke Filipović (1954; 1957; 1962; 1965; 1966; 1969a; 1969b). Od sedamdesetih godina pa nadalje, istraživanja makrozoobentosa u Srbiji bila su usmerena ka utvrđivanju faunističkog sastava ovih akvatičnih zajednica, kao i njihovoj primeni u biološkom monitoringu sa ciljem utvrđivanja kvaliteta vode. Pregled objavljenih publikacija iz ove oblasti, zaključno sa 2005. godinom, sistematizovan je u studijama Živić (2005) i Ćirić (2006). Faunistička i ekološka proučavanja organizama makrozoobentosa i njihovih zajednica, predstavljaju i dalje veoma značajan aspekt hidrobioloških istraživanja u Srbiji, što potvrđuje i veliki broj publikacija objavljenih u proteklih dvanaest godina (Živić *et al.*, 2005; 2006; 2008; 2009a; 2009b; 2013; Jović *et al.*, 2006; Živić & Marković, 2006; Paunović *et al.*, 2007; 2012; Đikanović *et al.*, 2008; Stefanović *et al.*, 2009; Bjelanović, 2009; Đuknić *et al.*, 2009; Atanacković *et al.*, 2010; Tubić *et al.*, 2010; 2013; Miljanović *et al.*, 2011; Savić, 2012; Novaković, 2012; 2013; Marković *et al.*, 2015).

Organizmi makrozoobentosa imaju ključnu ekološku ulogu u mnogim slatkovodnim ekosistemima (Boulton, 2003), a istovremeno grade najrasprostranjenije i najraznovrsnije slatkovodne zajednice (Voelz & McArthur, 2000; Strayer, 2006). Diverzitetu akvatičnih makroinvertebrata značajno doprinosi i heterogenost staništa brdsko-planinskih tekućica (Allan & Castillo, 2007). Unutar ukupnog diverziteta zajednica ovih organizama svakako dominiraju akvatični insekti, koji čine između 70 i 90% zajednice i predstavljaju jednu od najbitnijih komponenti bentocenoze tekućica (Cushing & Allan, 2001). Razlog ovako visokog učešća leži u činjenici da su akvatični insekti (dominantno njihovi larvalni stadijumi), razvili čitav niz adaptacija koje im omogućavaju da zauzmu sve raspoložive niše (Cushing & Allan, 2001).

O diverzitetu brdsko-planinskih tekućica svedoče i istraživanja ove doktorske disertacije koja beleže ukupno 368 identifikovanih taksona iz različitih taksonomskih grupa, uključujući: Platyhelminthes (Turbellaria), Mollusca (Gastropoda i Bivalvia),

Annelida (Oligochaeta i Hirudinea), Chelicerata (Hydracarina), Crustacea (Ostracoda, Amphipoda i Decapoda) i Insecta (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Coleoptera, Megaloptera, Diptera, Trichoptera i Hymenoptera). Po rekama, najveći broj taksona registrovan je u Rasini (190), zatim slede: Rača (177), Radovanska reka (175), Crnica (163), Studenica (154), Vrla (145), Trešnjica (129), Mlava (119) i na kraju Raška (107). Poređenja radi, podaci iz literature govore o dosta sličnim vrednostima broja taksona i u ranije istraživanim brdsko-planinskim tekućicama u Srbiji. Živić (2005) iznosi podatke o ukupno 192 taksona zabeležena u Pustoj reci, 154 u reci Toplici, 145 u Vlasini, 126 u Jablanici i 124 u Veternici. Paunović (2001) za Vlasinu potvrđuje prisustvo 134 taksona. Takođe, u literaturi su poznati i podaci za Svrljiški i Trgoviški Timok (149 taksona; Simić, 1993), Kolubaru (114 taksona; Marković *et al.*, 1999), Đetinju (112 taksona; Marković, 1995) i Obnicu (104 taksona; Marković *et al.*, 1997). Manji broj taksona zabeležen je u rekama: Jablanici - sastavnici Kolubare (97 taksona; Marković *et al.*, 1998), Toplici – pritoci Kolubare (85 taksona; Živić *et al.*, 2002), Pčinji (80 taksona; Simić & Simić, 2003), Lomničkoj reci (74 taksona; Konta, 1997), Grošničkoj reci (66 taksona; Baračkov, 1973), Lisinskom potoku (65 taksona; Filipović, 1965), Kriveljskoj reci (35 taksona; Marković & Miljanović, 1995) i Veternici (20 taksona; Martinović-Vitanović *et al.*, 1998).

Rezultati ove studije, slično kao i u već pomenutim ranijim istraživanjima, ukazuju na dominantnost larvi vodenih insekata u zajednicama makrozoobentosa reka brdsko-planinskog područja Srbije. U devet istraživanih tekućica koje su bile predmet ove disertacije, najveći broj taksona zabeležen je u okviru familije **Chironomidae**, sa ukupno 102 identifikovana taksona, od kojih je 71 određen do nivoa vrste. Dominantnu komponentu bentosa, larve hironomida činile su u svim istraživanim rekama, a raznovrsnost njihovih zajednica konstatovana je naročito na lokalitetima ispod pastrmskih ribnjaka u Radovanskoj reci i Crnici. Predstavnici potfamilije Orthoclaadiinae dominirali su u uzorcima hironomida, a među njima je zabeležen i novi nalaz za Srbiju, parazitska vrsta *Symbiocladius rhithrogenae* (Zavrel, 1924). Veliku raznovrsnost hironomida u tekućicama napominje i Milošević (2013), koji je u rekama koje pripadaju slivu Južne Morave konstatovao prisustvo 111 taksona. Ovako veliki broj zabeleženih taksona hironomida ne treba da čudi, obzirom da je to grupa sa najvećim diverzitetom i vrlo često najvećom gustinom zajednica (Marziali *et al.*, 2010). Kolika je raznovrsnost

insekata iz reda **Diptera**, ukazuju i nalazi taksona u istraživanim tekućicama iz sledećih familija: Simuliidae, Limoniidae, Athericidae, Ceratopogonidae, Blepharicaeridae, Rhagionidae, Empididae, Pediciidae, Dixidae, Muscidae, Stratiomyidae, Psychodidae, Tabanidae i Tipulidae.

Red **Trichoptera**, sa 43 identifikovane vrste, značajno je doprineo diverzitetu makrozoobentosa istraživanih tekućica. Među njima, za entomofaunu Srbije, naročito su značajna dva nalaza. Prvi je nalaz novog roda *Ithytrichia* sa vrstom *I. lamellaris* Eaton, 1873 čije su larve pronađene na reci Mlavi, na petom lokalitetu. Kao značajni karakteri za prepoznavanje ove vrste upotrebljeni su izgled mandibula, kaudalnih škruga i pojedinih delova ekstremiteta, determinante koje su već prepoznate od strane drugih autora (Hickin 1967; Wallace *et al.*, 2003). Ono što predstavlja najbitnije taksonomsko obeležje ovog roda jesu ovalne izrasline postavljene ventralno i dorzalno na abdomenu, ali i oblik kućice u vidu semena bundeve (Slika 21, poglavlje 4.1.10.2). Oblik kućice koji podseća na seme bundeve kod vrste *I. lamellaris*, kako navodi Malicky (1979), može biti upotrebljen kao karakter sa velikim informativnim značajem u brznoj identifikaciji vrste. Na osnovu ovog karaktera *I. lamellaris* jasno se razlikuje od druge dve evropske vrste *I. clavata* Morton, 1905 i *I. bosnica* Murgoci, Botnariuc & Botosaneanu, 1948. U fauni Srbije, pre nalaza roda *Ithytrichia*, u okviru familije Hydroptilidae opisana su dva roda *Hydroptila* Dalman, 1819 i *Agraylea* Curtis, 1834, sa vrstama *H. vectis* Curtis, 1834 (Baračkov, 1973), *H. sparsa* Curtis, 1834 (Simić, 1993) i *A. multipunctata* Curtis, 1834 (Marković *et al.*, 1998), takođe samo na stadijumu larve.

Drugi značajan nalaz trioptera predstavlja vrsta *Ecclisopteryx cf. keroveci* Previšić, Graf & Vitecek, 2014, čije su larve uzorkovane na prvom lokalitetu Radovanske reke. Ova vrsta je prvi put opisana na osnovu DNK analiza i odgovarajućih morfoloških karaktera sa reke Jabučice (Bosna i Hercegovina), na ušću u reku Sutjesku (Previšić *et al.*, 2014). Naknadnim istraživanjima, utvrđeno je da se radi o kriptičkom taksonu, sa širim, disjunktним arealom (Vučković *et al.*, 2016). Na mnogim lokalitetima u regionu (Bosna, Hrvatska, Slovenija, Crna Gora, Makedonija) gde je zabeleženo prisustvo vrsta *E. dalearica* Kolenati, 1848 i/ili *E. guttulata* (Pictet, 1834), pokazano je da predstavljaju jednu od dve kriptičke vrste *E. ivkae* Previšić, Graf & Vitecek, 2014 ili upravo *E. keroveci* (Previšić *et al.*, 2014). Marinković-Gospodnetić (1975), tokom istraživanjem trioptera Srbije, na Radovanskoj reci pronalazi adulte (dva mužjaka i

osam ženki) vrste *E. guttulata*. Međutim, ono što se može zaključiti na osnovu naših nalaza larvi i poređenja sa originalnim opisom (Previšić *et al.*, 2014), verovatnije je reč o vrsti *E. keroveci*. Naknadna molekularna istraživanja dodatno će rasvetliti ovaj nalaz sa Radovanske reke.

U okviru reda **Ephemeroptera** zabeležene su 32 vrste, od ukupno 85 vrsta, koliko je registrovano na području Srbije (Petrović *et al.*, 2015). Familija Heptageniidae odlikuje se najvećim brojem determinisanih taskona, a u sklopu nje, identifikovani su i novi taksoni za Srbiju: *Rhithrogena cf. braaschi* Jacob, 1974, *R. cf. hercynia* Landa, 1969 i *R. cf. savoiensis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987. Vrsta *R. braaschi* pripada *semicolorata* grupi vrsta, čije je prisustvo već registrovano na Balkanu (Vidinova, 2006), a u ovom istraživanju pronađena je na lokalitetima Radovanske reke i reke Rače. Vrsta *R. cf. hercynia* (pripadnica *hybrida* grupe vrsta) za koju je karakteristično da predstavlja izuzetno osetljivog indikatora na promene nastale u njenom okruženju (Bauernfeind & Soldán, 2012), prvi put je zabeležena u rekama Studenici i Vrli. Međutim, potrebno je izvršiti i opsežnija istraživanja kada je ova vrsta u pitanju (naročito na molekularnom nivou), jer često se može pomešati sa drugim vrstama u okviru *hybrida* grupe vrsta. Vrsta *R. cf. savoiensis* pripadnica je *diaphana* grupe vrsta, u okviru koje je u Srbiji zabeležena samo vrsta *R. beskidensis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987 (Petrović *et al.*, 2015). Uzorkovana je u reci Studenici, pronađena i na Balkanu (Russev & Vidinova, 1994), ali kao i u slučaju prethodne vrste, teško se razlikuje u odnosu na druge vrste u okviru iste grupe vrsta.

Kao jedna od interesantnih grupa izdravaja se i familija Ephemerellidae, sa tri determinisane vrste iz istraživanih tekućica. Međutim, u rekama Rači, Studenici i Vrli determinacija do nivoa roda nije bila moguća, usled nižih larvalnih stupnjeva jedinki čiji izgled može navesti na pogrešnu determinaciju. Generalno, porodica Ephemerellidae čini vrlo komplikovanu grupu, sa i dalje nerešenim statusom klasifikacije rodova (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Red **Plecoptera**, sa 26 determinisanih vrsta, pored dvokrilaca, trihoptera i efemeroptera, bio je jedan od najbrojnijih insekatskih grupa. Najčešća vrsta, registrovana u skoro svim tekućicama (izuzev reke Raške) jeste *Perla marginata* (Panzer, 1799). Zabeležene su i vrste koje se nalaze na spisku strogo zaštićenih vrsta ("Službeni glasnik RS", br. 5/2010), u statusu ugroženih za područje Srbije: *Dinocras*

megacephala (Klapalek, 1907) *Protonemura meyeri* (Pictet, 1841), *Protonemura praecox* (Morton, 1894) i *Taeniopteryx nebulosa* (Linnaeus, 1758); kao i sa statusom ranjivih: *Amphinemura sulicicollis* (Morton, 1894) i *Perlodes microcephalus* (Pictet, 1833).

Od drugih grupa insekata, zabeleženi su sledeći redovi: Odonata, Coleoptera, Megaloptera i Hymenoptera. Među njima, red **Coleoptera** odlikovao je najveći broj determinisanih taksona, sedam vrsta i šest rodova, iz osam familija. U okviru ostalih redova, determinisana je samo po jedna vrsta, i to vilin konjic *Cordulegaster annulatus* (Latreille, 1804), megaloptera *Sialis fuliginosa* Pictet, 1836 i opnokrilac *Agriotypus armatus* Curtis, 1832. Akvatična vrsta opnokrilaca, *A. armatus* predstavlja prvi nalaz za Balkansko poluostrvo, pronađena je na skoro svim istraživanim rekama (izuzev reke Trešnjice), kao parazitoid trioptere *Silo pallipes* (Fabricius, 1781). Pored familije Goeridae (kojoj pripada vrsta *S. pallipes*), utvrđena je i asocijacija između parazitoida i drugih familija trioptera kao što su Odontoceridae i Uenoidae (Konishi, 1994).

Što se tiče raznovrsnosti ostalih grupa zajednice makroinvertebrata, dominantnu grupu u okviru filuma **Annelida** činile su oligohete, sa 24 identifikovane vrste. Familija Tubificidae i Naidide odlikuju se najvećim brojem determinisanih taksona. Iz istog filuma, beleži se prisustvo četiri vrste pijavica, od kojih je vrsta *Erpobdella testacea* (Savigny, 1820) uzorkovana u svih devet tekućica.

Manja raznovrsnost zabeležena je u okviru filuma **Mollusca**, sa sedam determinisanih vrsta i jednim rodom. Rod *Pisidium* jedini je predstavnik iz klase Bivalvia, filtrator čije je prisustvo povezano sa šljunkovitim tipom suptrata, a koja je kao rod koji toleriše određeni stepen organskog zagađenja, bila pristna na lokalitetima ispod ribnjaka (npr. na reci Raškoj). Na svim tekućicama, dominantan predstavnik mekušaca jeste vrsta *Ancylus fluviatilis* Müller, 1774. Takođe, ni filum **Platyhelminthes** nije odlikovao veći specijski diverzitet. Vrsta *Dugesia lugubris* (Schmidt, 1861) jeste najčešće uzorkovana planarija, prisutna u skoro svim rekama izuzev Studenice u kojoj nije registrovan nijedan takson ove grupe u istraživanom delu toka.

Pored tri vrste amfipodnih račića iz roda *Gammarus* i dekapodne vrste *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), u okviru subfiluma **Crustacea** zabeleženi su i predstavnici klase Ostracoda. Do sada, u starijim istraživanjima

zajednica makrozoobentosa u Srbiji, ovoj grupi nije poklanjana naročita pažnja, iako se smatra da ostrakode imaju veći značaj u metabolizmu supstrata nego što postoje saznanja o tome (Wetzel, 1983). Među pet identifikovanih vrsta ove grupe, po prvi put je za faunu Srbije registrovana vrsta *Candona neglecta* Sars, 1887 (reka Crnica, četvrti lokalitet). Interesantan je podatak da je još jedino na istom lokalitetu zabeležena i vrsta *Prionocypris zenkeri* (Chyzer & Toth, 1858). Ova vrsta, kao i vrste *Psychrodromus fontinalis* (Wolf, 1919) i *P. olivaceus* (Brady & Norman, 1889) vezane su uglavnom za izvorske i potočne vode (Meisch, 2000). U Evropi imaju široku distribuciju, ali su uglavnom zabeležene na malom broju lokaliteta. *Candona candida* (Müller, 1776) predstavlja najčešće pronađenu vrstu. Prikupljena je sa tri reke (Crnica, Mlava i Radovanska reka), uglavnom na lokalitetima ispod ribnjaka. Ovi nalazi idu u prilog tvrdnji da *C. candida* pokazuje tolerantnost na organsko zagađenje i da opstaje u širokom dijapazonu ekoloških uslova (Külköylüoğlu & Sari, 2012). U Srbiji je registrovana još samo u Zasavici (Petrov *et al.*, 2007).

5.2. Uticaj pastrmskih ribnjaka na fizičke i hemijske parametre vode i zajednice makrozoobentosa

Pastrmski ribnjaci predstavljaju stalnu pretnju pogoršavanju kvaliteta vode čistih brdsko-planinskih tekućica. Negativni uticaj pastrmskih ribnjaka odražava se u najvećoj meri kroz ispuštanje ostataka riblje hrane i fekalnih materija (Liao, 1970) koje primarno dovode do pogoršanja kvaliteta vode, ali i strukture sastava materija na dnu vodotokova. Koliki će biti intenzitet dejstva ovih ribnjaka na sam recipijent, zavisi od više faktora koji se odnose na: proizvodni kapacitet ribnjaka, količine ribe, prisustvu sistema za prečišćavanje vode na ribnjaku, vrste hrane, ali i od samog recipijenta i njegove sposobnosti samoprečišćavanja.

Da bi se definisale zakonske mere koje će na pravi način i u potpunosti zaštitile osetljive ekosisteme tekućica nizvodno od pastrmskih ribnjaka, neophodno je sprovesti istraživanja na što većem broju ribnjaka ispitujući istovremeno uticaj na stanište i živi svet u recipijentima. Ovo je naročito značajno u zemljama u razvoju gde se ova privredna grana brzo razvija, dok je zakonska regulativa nepotpuna ili je nema. Takvo

područje je Balkansko poluostrvo koje, kao pretežno brdsko-planinsku regiju, karakteriše veliki broj vodotokova pogodnih za snabdevanje vodom pastrmskih ribnjaka.

U ovoj studiji odabrano je devet tekućica iz brdsko-planinskog područja Srbije, na kojima su locirani pastrmski ribnjaci različitih proizvodnih kapaciteta. Procena uticaja pastrmskih ribnjaka sagledana je sa više aspekata, uključivanjem hemijskog i biološkog monitoringa uz korišćenje organizama makrozoobentosa kao indikatora. Takođe, vršeno je praćenje enzima stresa (biomarkera) na larvama plekoptera, čija se primena u ovakvom vidu monitoringa pokazala kao vrlo efikasnom, jer ima mogućnost da detektuje najfinije promene koje se dešavaju u životnoj sredini. Na osnovu toga, pokriven je i strukturni i funkcionalni aspekt biološkog monitoringa.

Slična istraživanja, o uticaju ispusnih voda pastrmskih ribnjaka u Srbiji obavljena su krajem osamdesetih godina prošlog veka, kada su ispitivani hemizam i mikrobiološke karakteristike vode reke Raške pod uticajem pastrmskog ribnjaka koji je tada imao najveću proizvodnju u regionu (Eminović, 1990). Prva istraživanja uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa koja su uvršćena u ovu doktorsku disertaciju su izvršena 2003-2005. godinena reci Trešnjici. Rezultati ovih istraživanja su publikovani (Živić *et al.*, 2009a; 2009b) i bili su polazna osnova da se inteziviraju istraživanja efekta pastrmskih ribnjaka na zajednice makroinveretbrata koja su prikazana u ovoj disertaciji.

5.2.1. Uticaj ribnjaka na abiotičku komponentu ekosistema

Porast koncentracije nejonizovane i jonizovane frakcije amonijaka (kao posledica razgradnje proteinskih komponenti visokoproteinske hrane koja se koristi u prihrani pastrmki), kao i smanjenje koncentracije kiseonika na ispustu i lokalitetima ispod ribnjaka istraživanih reka, jesu tri hemijska parametra koja ukazuju na jasan efekat pastrmskog ribnjaka na recipijent. Na sedam od devet reka, koncentracija nejonizovane frakcije amonijaka je statistički značajno porasla na prvom lokalitetu ispod ribnjaka. Iako je poznato da ova frakcija amonijaka ima izrazito toksičan efekat na hidrobionte (Camargo & Alonso, 2006), u istraživanim rekama koncentracije ovog

parametra nisu bile iznad 0,025 mg/l (Tabele 29-37, poglavlje 4.3.), što predstavlja gornju granicu propisanu za salmonidne vode (TEPCD, 2006). Relativne koncentracije obe frakcije amonijaka u osnovi zavise od dva parametra, pH i temperature: kako vrednosti pH i temperature rastu, koncentracija NH_3 takođe raste, dok koncentracija NH_4^+ opada (Camargo & Alonso, 2006). Koncentracije NH_3 su upravo bile uslovljene vrednostima pH, a najbolje se može videti na primeru reke Crnice kod koje je usled statistički značajnog porasta pH vrednosti nizvodno, došlo i do porasta koncentracije NH_3 , koja je dostigla maksimalnu vrednost na šestom lokalitetu (Tabela 29, poglavlje 4.3.). Interesantno je napomenuti da kada se pH statistički značajno menjao (Tabela 38, poglavlje 4.3.), on je uvek rastao i to u rekama koje pripadaju grupi vodotokova gde je na kontrolnim lokalitetima vrednost bliska neutralnoj (Crnica, Radovanska reka). Ovo se još jasnije vidi ukoliko se upoređi voda ispusta sa kontrolnim lokalitetom (videti tabele za svaku reku zasebno, poglavlje 4.3.). Pri tome, kada vrednost pH inicijalno raste posle ribnjaka, ona se ni u jednom slučaju ne oporavlja, već nastavlja da raste nizvodno dovodeći vodu do bazne reakcije, baš kao i u vodotokovima druge grupe (Studenica, Rasina, Vrla) gde je već bazna i u kojima se ili ne menja ili čak diskretno opada pod dejstvom ribnjaka. Imajući ovo u vidu može se pretpostaviti da je uočeni porast pH u većoj meri posledica prirodnih procesa nego delovanja ribnjaka.

Posmatrano u odnosu na svih devet istraživanih reka, došlo je do pada koncentracije rastvorenog kiseonika između kontrolnog lokaliteta i prvog lokaliteta nizvodno od ribnjaka, a u slučaju pet taj pad je bio statistički značajan. Međutim, značajniji pad vrednosti u koncentraciji rastvorenog kiseonika registrovan je samo u reci Raškoj, gde je zabeležena najmanja srednja vrednost od $7,2 \pm 0,4$ mg/l (Tabela 34, poglavlje 4.3). U slučaju ovog parametra oporavak je brz, jer se ponovni porast u njegovoj koncentraciji može zabeležiti na sledećim lokalitetima nizvodno u većini tekućica. Brz oporavak rastvorenog kiseonika se može objasniti relativno stabilnom brzinom toka koja istraživane tekućice svrstava u klasu umereno brzih do brzih vodotokova.

Mnogi autori uočavaju porast koncentracije fosfora na lokalitetima nizvodno od ispusta ribnjaka (Carr & Goulder, 1990a; 1990b; Foy & Rosell, 1991; Oberdorff & Porcher, 1994; Adamek & Sukop, 1996; Boventura *et al.*, 1997; Pulatsu *et al.*, 2004; Bartoli *et al.*, 2007; Camargo & Gonzalo, 2007, Camargo *et al.*, 2011; Guilpart *et al.*,

2012). U ovoj studiji, na skoro svim rekama (izuzev Trešnjice), registrovan je porast kako ukupne koncentracije fosfora tako i ortofosfata, pre svega na ispustu i lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka. Međutim, ovaj porast je retko kad bio statistički značajan (Tabela 38, poglavlje 4.3), a što je najbitnije, koncentracije ukupnog fosfora nisu premašivale vrednosti od 0,2 mg/l što predstavlja gornju granicu za salmonidne vode (TEPCD, 2006). Obzirom da se na većini ribnjaka voda sa ispusta direkto ispušta u recipijent bez prethodnog taloženja, očekivane su veće koncentracije ukupnog fosfora i ortofosfata na lokalitetima nizvodno od ribnjaka. Razlog ne tako visoke koncentracije rastvorenog fosfora u recipijentu može se objasniti nižim sadržajem fosfora u hrani, koji se kretao od 0,8% do 1,1%, a na pojedinim rekama, kao u slučaju Studenice i Trešnjice i većim srednjim protokom u sušnom periodu. Naime, pokazano je da se kod riblje hrane sa sadržajem fosfora od 0,75% u hrani, više od 30% fosfora zadrži u ribi, dok samo 10% biva izlučeno u rastvorljivom obliku a ostatak neiskorišćenog fosfora nalazi se u čvrstom stanju (Bureau & Cho, 1999). Ovakvo objašnjenje je podržano i podacima iz dosadašnjih istraživanja (za koje je dat sadržaj fosfora u hrani), gde je registrovano značajnije povećanje rastvorljivog fosfora nizvodno od ribnjaka u odnosu na naše istraživanje: 1,5% (Pulatsu *et al.*, 2004), 1,4-2,2% (Foy & Rosell, 1991) i 1,3% (Bartoli *et al.*, 2007). Ako se ima u vidu da sa porastom sadržaja fosfora u hrani linearno raste i količina izlučenog rastvorljivog fosfora, a opada procenat njegove iskorišćenosti (npr. za hranu sa 2,9% fosfora na 40% i 18% u odnosu na uneti fosfor, Bureau & Cho, 1999), jasno je zašto su ispusne vode iz gore pomenutih ribnjaka izazvale značajno povećanje rastvorljivog fosfora u recipijentnom vodotoku u odnosu na istraživanja čiji su rezultati prikazani u ovoj tezi.

Kao jedan od bitnijih fizičkih parametara koji se menjao pod uticajem pastrmskih ribnjaka jeste zastupljenost mulja u podlozi na lokalitetima neposredno ispod pastrmskog ribnjaka. Statistički značajan porast ukupnog sadržaja mulja na ovim lokalitetima registrovan je u sedam tekućica. Od svih istraživanih fizičkih parametara najveći uticaj pastrmskih ribnjaka može se upravo uvideti kroz ovaj parametar, jer veća zastupljenost ovog tipa podloge na lokalitetima neposredno ispod ribnjaka predstavlja posledicu nagomilavanja organske materije poreklom sa ribnjaka. Ovaj abiotički parametar ima direktni uticaj na formiranje specifičnih zajednica makroinvertebrata, pre svega onih grupa koje su tolerantne na organski vid zagađenja (Tubificidae,

Chironomidae). Nagomilavanje mulja na lokalitetima ispod ribnjaka ukazuje da bi sadržaj fosfora u sedimentu pokazao veće povećanje, tako da bi u budućim istraživanjima trebalo određivati i hemijski sastav sedimenta.

5.2.2. Uticaj ribnjaka na biotičku komponentu ekosistema

Sa stanovišta uticaja pastrmskih ribnjaka na alfa diverzitet zajednica makrozoobentosa, kroz više istraživanja pokazano je da dolazi do pada diverziteta na lokalitetima nizvodno od ribnjaka, naročito ukupnog broja vrsta (Camargo 1992a, 1994; Selong & Helfrich, 1998; Živić *et al.*, 2009a; 2009b). U ovom istraživanju, komponente alfa diverziteta, posmatrajući ukupnu zajednicu makroinvertebrata, nisu bile osetljive na uticaj pastrmskih ribnjaka. To se najbolje može uočiti u slučaju ukupnog bogatstva vrstama, koji na lokalitetima ispod ribnjaka na svim tekućicama raste (Tabela 48, Poglavlje 4.5.10). Taj porast je sa statističkom značajnošću na četiri od devet istraživanih reka.

Međutim, posmatrano u odnosu na zajednice hironomida, njihova raznovrsnost ima značajan doprinos celokupnom diverzitetu zajednica makroinvertebrata na lokalitetima ispod ribnjaka. Ista situacija zabeležena je u slučaju oligoheta na onim rekama gde su one bile brojne, a zajedno sa hironomidama čine dobru indikatorsku grupu za procenu uticaja organskog zagađenja. Na primeru Radovanske reke (Tabela 41, poglavlje 4.5) može se uvideti da na lokalitetima udaljenijim od ribnjaka, ukupni diverzitet i dalje ostaje visok, ali u korist EPT grupa koje uzimaju veće učešće u obrazovanju zajednica makrozoobentosa u odnosu na hironomide i oligohete usled oporavka njihovih zajednica. U tom smislu, na primeru istraživanih tekućica ne možemo govoriti o padu alfa diverziteta, već samo o smeni zajednica makrozoobentosa, u ovom slučaju tolerantnih i manje tolerantnih na organski vid zagađenja poreklom sa ribnjaka. Kao što je pokazano u radu Guilpart *et al.* (2012), otpadne vode sa pastrmskih ribnjaka pre dovode do promena u dominantnosti organizama u okviru zajednice makrozoobentosa, nego do smanjenja ukupnog diverziteta. Indeksi alfa diverziteta zajednica makrozoobentosa osetljivi su na efekte pastrmskog ribnjaka u slučaju velike promene sredinskih faktora, kao što je zabeleženo u istraživanjima Camargo (1992b),

gde je efekat ribnjaka na hemizam vode bio značajno veći nego u većini tekućica obuhvaćenih ovim istraživanjem. Takođe, bitno je napomenuti da determinacija hironomida i oligoheta samo do nivo familije (Chironomidae) i klase (Oligochaeta), što jeste čest slučaj u studijama monitoringa, rezultira u pogrešnoj interpretaciji o uticaju pastrmskih ribnjaka na smanjenje alfa diverziteta. Na ovo ukazuje činjenica, da ukoliko se u reci Raškoj ne bi uzele u obzir determinisane vrste hironomida i oligoheta, došlo bi do statistički značajne promene obe komponente alfa diverziteta pod uticajem ribnjaka (neobjavljeni podaci), baš kao i u slučaju reke Trešnjice (Živić *et al.*, 2009a; 2009b).

Na osnovu svega iznetog, može se zaključiti da indeksi alfa diverziteta (ako se posmatraju u odnosu na celokupnu zajednicu) nisu osetljivi na promene u sastavu vrsta, kao što mogu biti osetljivi pojedini biotički indeksi, u ovom slučaju relativna brojnost EPT taksona čija vrednost na sedam od devet reka opada, sa statističkom značajnošću na pet reka. Takođe, pojedini autori (Balloch *et al.*, 1976; Hughes, 1978; Hawkes, 1979) govore o neefektivnosti primene indeksa diverziteta i dominantnosti u biološkom monitoring zasnovanom na zajednicama makrozoobentosa, na osnovu čega se prednost daje biotičkim indeksima.

Najosetljiviji biotički parametri koji su reagovali na promene pod uticajem pastrmskih ribnjaka jesu saprobni indeksi zasnovani na brojnosti organizama makrozoobentosa. Prvi od njih je FBI indeks, čije su vrednosti statistički značajno porasle pod uticajem svih devet ribnjaka i indeks saprobnosti po Zelinki i Marvanu kod koga je zabeležena ista situacija, izuzev reke Rasine gde porast nije statistički značajan (Tabela 41, Poglavlje 4.5). Osetljivost ova dva indeksa nije iznenađujuća pošto su oni kalibrisani da mere nivo organskog zagađenja i rezultujuće smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika, a to su upravo osnovni mehanizmi uticaja ribnjaka na recipijent. FBI je bio veoma osetljiv na efekte pastrmskog ribnjaka slično kao i u istraživanju Imanpour Namin *et al.* (2013), koja su ujedno jedina istraživanja u kojima su ispitivani efekti pastrmskog ribnjaka na promene vrednosti FBI indeksa. Međutim, donekle je iznenađujuće da je FBI indeks koji koristi saprobne valence na nivou familija pokazao veću osetljivost od saprobnog indeksa po Zelinki i Marvanu koji koristi saprobne valence na nivou vrste. Ovo je važan podatak imajući u vidu da se FBI indeks veoma lako izračunava, čime omogućava korišćenje FBI indeksa kao veoma osetljive mere uticaja pastrmskog ribnjaka.

Vrednosti RIZI indeksa statistički značajno rastu na lokalitetima ispod ribnjaka u pet ispitivanih reka (Crnica, Rača, Radovanska reka, Rasina, Raška). Osetljivost RIZI indeksa nije iznenađujuća pošto su njegove vrednosti kalibrisane u odnosu na koncentraciju rastvorenog kiseonika u vodi (Moog, 2002). Kao i u slučaju indeksa saprobnosti, za efikasnu primenu ovog indeksa neophodno je izvršiti identifikaciju organizama makrozoobentosa do nivo vrste u zajednici. U većini tekućica u ovom istraživanju na lokalitetima nizvodno od ribnjaka dolazi do pomeranja zajednica ka zoni potamona u odnosu na kontrolni lokalitet, odnosno, kako navodi Camargo (1992b) dolazi do efekta „potamonizacije“. To ukazuje na prisustvo grupa tolerantnih na organski vid zagađenja, dominantno hironomida i oligoheta, a na pojedinim rekama i familije Simuliidae (Raška), pijavica (Mlava, Rača) kao i školjki iz familije Sphaeriidae (Raška, Crnica). Pošto uticaji ribnjaka na zajednice makrozoobentosa u istraživanim tekućicama nisu bili snažnog intenziteta (što se ogleda i u prisustvu osetljivih EPT taksona na lokalitetima ispod ribnjaka), ni RIZI indeks nije bio u tolikoj meri osetljiv, stoga najviše je uočeno „pomeranje“ zajednice ka zoni hiporitrona.

MASPT_{ar} indeks koji takođe ima smisao indeksa saprobnosti, a koji kao i FBI indeks zahteva determinaciju do nivoa familije, pokazao je značajnu osetljivost na uticaj ribnjaka. Za razliku od FBI indeksa gde brojnost indikatorske vrste određuje nivo njenog uticaja na ukupnu saprobnost vrednost uzorka, kod MASPT_{ar} indeksa sve familije imaju isti uticaj ali im se diskretno menjaju indikatorske vrednosti u zavisnosti u koju od 4 klase brojnosti se u datom uzorku svrstavaju. Imajući u vidu da se FBI i MASPT_{ar} indeksi određuju na suštinski različite načine (iako oba imaju smisao indeksa saprobnosti), planirano je da se oba uključe u prvi multimetrijski indeks za područje Srbije pomoću koga bi se mogla vršiti procena uticaja pastrmskih ribnjaka.

Obe verzije modifikovanog BMWP indeksa nisu pokazale značajnu osetljivost na uticaje pastrmskih ribnjaka, kao u drugim, sličnim studijama (Camargo 1992a, Camargo 1994, Camargo & Gonzalo, 2007, Camargo *et al.*, 2011; Hatami *et al.*, 2011). Iako je na pojedinim rekama (Rača i Raška) uočen statistički značajan pad vrednosti ova dva tipa indeksa na lokalitetima nizvodno od ribnjaka, njihove visoke vrednosti ukazivale su na dobar kvalitet vode. Manja osetljivost MBMWP indeksa može se objasniti time što ovaj indeks ima kombinovane mere diverziteta i saprobnosti, a kako se diverzitet u kvalitativnom smislu povećava, to dolazi do anuliranja povećanja

saprobnosti. Međutim, kada se MBMWP indeks podeli sa brojem familija i dobije MASPT indeks, osetljivost na uticaj ribnjaka znatno raste.

Indeksi koji su kao biotičku komponentu uključili učeće familije Baetidae u odnosu na ukupne efemeroptere (Bae/Eph) i učeće familije Baetidae u odnosu na zbir familija Baetidae i Heptagenidae (Bae/Hep+Bae), pokazali su istu osetljivost. Statistički značajan porast ova dva indeksa registrovan je na lokalitetima ispod ribnjaka, na tri, odnosno dve tekućice. Veće vrednosti ovih indeksa na nizvodnim lokalitetima ukazuju na dominantnost larvi familije Baetidae, pre svega indikatorske vrste *Baetis rhodani*, koja do izvesne mere toleriše zagađenje organskog porekla. Indeks koji poredi ukupnu zastupljenost familije Hydropsychidae u odnosu na ukupne trioptere nije pružio informaciju o uticaju pastrmskih ribnjaka na zajednice trioptera. Samo na tri ribnjaka njegova vrednost raste (bez statističke značajnosti) ukazujući na nešto veću brojnost predstavnika roda *Hydropsyche* koji kao sakupljači koriste sitnu frakciju organske materije poreklom sa ribnjaka.

Uticaj pastrmskih ribnjaka ogledao se i kroz promenu u trofičkoj strukturi zajednica makrozoobentosa. Prema konceptu rečnog kontinuuma (Vannote *et al.*, 1980), sekači su brojni samo u gornjim tokovima reka, brojnost predatora ne menja se značajno duž rečnog profila, strugači su najzastupljeniji u srednjem toku, dok sakupljači (filtratori i žeteoci) postaju dominantna trofička grupa u donjim delovima toka. U tom smislu, promene u trofičkoj strukturi zajednica makrozoobentosa pod uticajem ispusnih voda sa ribnjaka prate ovaj koncept duž rečnog longitudinalnog gradijenta, ukazujući da pastrmski ribnjaci nizvodno izazivaju potamološki efekat na trofičku strukturu zajednica makrozoobentosa, kao i u slučaju RIZI indeksa. Na lokalitetima nizvodno od ribnjaka zabeležen je statistički značajan porast u ukupnom učešću sakupljača i sakupljača žetelaca, u šest tekućica, što ukazuje na jasan efekat ribnjaka na trofičku strukturu zajednica. Povećanje sakupljača na nizvodnim lokalitetima čini veoma pouzdanu meru praćenja efekta pastrmskog ribnjaka. Naime u većini istraživanja u kojima su analizirani, sakupljači su pokazali značajnu osetljivost (Camargo 1992a; 1994; Loch *et al.*, 1996; Camargo & Gonzalo, 2007; Živić *et al.*, 2009a; Guilpart *et al.*, 2012). Procentualno učešće sekača na devet istraživanih reka menjalo se različito nakon uliva ribnjačkih voda. Uglavnom, kao i u drugim studijama (Camargo 1992a; 1994; Camargo & Gonzalo, 2007; Živić *et al.*, 2009a; Guilpart *et al.*, 2012; Rawer-Jost, 2000), na

lokalitetima ispod ribnjaka došlo je do pada u njihovom učešću, sa statističkom značajnošću na četiri reke (Radovanska reka, Raška, Trešnjica i Vrla). Međutim, na Rači i Mlavi došlo je do obrnute situacije, zbog porasta relativne brojnosti sekača na lokalitetima neposredno ispod ribnjaka. Imajući u vidu da su dominantnu komponentu zajednica na lokalitetima ovih reka činili predstavnici familije Gammaridae (Poglavlje 4.1), koji su u pogledu trofičnosti pretežno sekači (Moog, 2002), porast ove trofičke grupe ne treba da čudi. Međutim, pošto su sekači generalno osetljivija grupa na organski vid zagađenja, njihova veća relativna brojnost na lokalitetima ispod ribnjaka donekle je neočekivana. To je naročito izraženo na drugom lokalitetu reke Mlave, gde dolazi do statistički značajnog porasta u brojnosti Gammaridae, tako da postaju eudominantna grupa. Ovo govori o indikatorskim sposobnostima ovih amfipoda, koji se u tom smislu ne mogu smatrati osetljivim indikatorima na organski vid zagađenja. Imajući u vidu da su u pogledu trofičnosti, gamarusi jednim delom i sakupljači žeteoci (Moog, 2002), kombinacija u vidu izražene aeracije vode i dostupne hrane u vidu taložene organske materije, može biti objašnjenje njihove povećane brojnosti na ovim lokalitetima. Ako se uzme u obzir relativna uniformnost reakcije sekača i sakupljača na organsko zagađenje, očekivano je bilo da će indeks zasnovan na njihovom odnosu (SCH/COLL) pokazati osetljivost. Na pet reka, njegova vrednost je statistički značajno opala na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka, do vrednosti manjih od 0,25 što se smatra donjom granicom za normalnu letnju i jesenju zajednicu sekača (Merritt & Cummins, 1996).

Mnogo manji stepen pouzdanosti je pokazao UFIL/DET indeks, čije bi vrednosti u narušenim zajednicama trebalo da padnu ispod 0,5 (Merritt & Cummins, 1996). U ovom istraživanju, vrednost UFIL/DET indeksa pokazao je izuzetno veliku varijabilnost i u nekim slučajevima potpuno suprotno ponašanje od očekivanog. Malu pouzdanost ovaj indeks pokazao je i u slučaju efekata ribnjaka, ali i drugih tipova zagađenja, u vodotokovima južne Nemačke (Rawer-Jost *et al.*, 2000), što ga čini lošim kandidatom za merenje uticaja pastrmskih ribnjaka. Rezultati koji ukazuju na promene učešća predatora i strugača pod uticajem ribnjaka u ovom istraživanju nisu bili konzistentni. Kao što je potvrđeno u prethodnim istraživanjima, bilo je očekivano da će se uticaj ispusnih voda pastrmskog ribnjaka odraziti na pad relativne brojnosti strugača na lokalitetima nizvodno (Camargo, 1992a; 1994; Camargo & Gonzalo, 2007; Guilpart *et al.*, 2012; Loch *et al.*, 1996) sa istovremenim porastom učešća predatora (Camargo

1992a; 1994; Camargo & Gonzalo, 2007). U slučaju strugača, samo je na reci Mlavi i Rači zabeležen statistički značajan pad u brojnosti ove trofičke grupe. Uzimajući u obzir da ove dve reke karakterišu male amplitude promena biotičkih parametara, procenat strugača u ovoj studiji nije se pokazao kao pouzdan indeks za procenu uticaja pastrmskih ribnjaka na trofičku strukturu zajednica makrozoobentosa. Iako je pokazano da je porast procentualnog učešća predatora efikasan pokazatelj remećenja stanja vodenog ekosistema (Rawer-Jost *et al.*, 2000), u realizovanim istraživanjima to nije konstatovano.

Kao i u prethodnom slučaju, porast predatora na lokalitetima ispod ribnjaka zabeležen je samo na rekama Mlavi i Rači, bez statističke značajnosti (Tabela 48, poglavlje 4.5.10). Porast učešća predatora na lokalitetima ovih reka vezan je za prisustvo predatorskih pijavica koje su indikatori organskog zagađenja. Na ostalim rekama, na prvom lokalitetu ispod ribnjaka, konstatovan je pad u procentualnoj zastupljenosti predatora, pre svega zbog smanjenog učešća predatorskih plekoptera koje su indikatori čistih voda. Rezultati istraživanja u ostalim tekućicama, ukazuju na suprotan trend odnosno na pad procentualnog učešća predatora pod uticajem ispusne vode sa pastrmskih ribnjaka. Samim tim, pošto učešće predatora u zavisnosti od intenziteta zagađenja može rasti (kada je izražen efekat zagađenja i posmatra se u odnosu na tolerantne grupe) ili opadati (kada je manje izražen efekat zagađenja i posmatra se u odnosu na osetljivije grupe), ne može biti efikasan indeks za procenu uticaja pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa.

Iako su u ovom radu za izračunavanje indeksa na bazi funkcionalnih grupa ishrane korišćene vrednosti valence određene za pojedinačne vrste (Moog, 2002), one su u slučaju funkcionalnih trofičkih grupa, za razliku od indeksa saprobnosti i RIZI, generalno uniformne u okviru rodova, često i familija (e.g. Simulidae, Rhiacophylidae) pa čak i klasa (Oligochaeta). To omogućava da se indeksi zasnovani na funkcionalnim grupama ishrane mogu pouzdano odrediti i bez determinacije do nivoa vrste, zbog čega i imaju široku primenu u studijama biološkog monitoringa.

Uzimajući u obzir sve izneto, indeksi koji su jasno odslikali uticaj pastrmskih ribnjaka na zajednice makrozoobentosa čine, pre svega saprobnostni indeksi koji su zasnovani na brojnosti organizama, a to su: FBI indeks, indeks saprobnosti po Zelinki i Marvanu i MASPT_{ar} indeks.

Ovoj grupi indeksa pridružuju se i pojedini trofički indeski: zastupljenost ukupnih sakupljača, sakupljača žetelaca, odnos sekača naspram sakupljača, kao i u manjoj meri učešće sekača. Može se zaključiti, na osnovu sastava zajednica makrozoobentosa, da na lokalitetima koji su smešteni neposredno ispod pastrmskih ribnjaka dolazi do povećanja procentualne zastupljenosti hironomida (%Chi) i oligoheta (%Oli), uz smanjeno učešće EPT taksona. Ako se uzme u obzir i porast broj vrsta hironomida (S_{Chi}) jasno je da porast brojnosti (Chi%) i njihove raznovrsnosti (S_{Chi} , H_{Chi}) uz porast saprobnosti predstavljaju osnovne uticaje pastrmskog ribnjaka na zajednice makrozoobentosa. Značaj hironomida je utoliko veći jer su one kao pretežni sakupljači žeteoci glavni uzrok porasta zastupljenosti DET i COLL. Takođe, porast brojnosti hironomida uzrok je pada zastupljenosti EPT (EPT_{rel}) taksona. Kako se brojnost EPT (EPT_{ap}) povećava u čak 6 od 9 reka, a ukupna brojnost raste u 7 od 9 reka (u 4 statistički značajno, Tabela 49 poglavlje 4.5.10.) jasno je da pad EPT_{rel} može biti posledica samo većeg porasta brojnosti Chironomidae u odnosu na porast brojnosti EPT. Kako broj vrsta EPT karakterišu diskretne i veoma nekonzistentne promene u istraživanim rekama, jasno je da je porast ukupnog broja vrsta (S_{uk}) posledica prvenstveno porasta S_{Chi} i S_{Oli} .

5.3. Fiziološki odgovor larvi *Dinocras megacephala* (Plecoptera) na zagađenje iz ribnjaka

Akvatična sredina je konstantno izložena sredinskim polutantima koji ulaze u tkiva organizama kroz mreže ishrane, potencijalno izazivajući oksidativni stres (Barim & Karatepe, 2010). Dobro organizovani, odbrambeni antioksidativni sistem kod akvatičnih organizamaima, ima ulogu u zaštiti njihovih tkiva od prooksidanasa koji su često prisutni u vodi, naročito u blizini pastrmskih ribnjaka (Boaventura *et al.*, 1997).

Dinocras megacephala, kao bioindikator čistih, aerisanih voda, pokazao se kao odličan model organizam za ispitivanje uticaja pastrmskog ribnjaka na aktivnost enzima oksidativnog stresa, superoskid dismutaze (SOD) i katalaze (CAT) (Mirčić *et al.*, 2016). Usled manje-više konstantne temperature vode koja se doprema do pastrmskog ribnjaka na reci Raškoj, riba se hrani tokom čitave godine (videti poglavlje 3.1.1). Kao rezultat toga, javlja se konstantno opterećenje vodotoka organskim materijama, koje vode poreklo od ribljeg fecesa i nepojedene hrane. Najveći procenat ugljenika iz hrane koju

konzumira riba konvertuje se u biomasu, ali znatan procenat preostale hrane i ekskremenata oslobađa se u vodu, taloži na dnu rečnog korita i postaje deo rečnog sedimenta (Papageorgiou *et al.*, 2009). Biomasa larvi *D. megacephala* na lokalitetu RŠ3 bila je viša u poređenju sa biomasama larvi na ostalim lokalitetima (RŠ1, RŠ2 i RŠ4). Porast biomase larvi na lokalitetu RŠ3 može se dovesti u vezu sa količinom dostupne hrane, zato što je ovaj lokalitet smešten neposredno ispod ispusne cevi ribnjaka. Zbog veće enegrije koju je potrebno uložiti u procese odbrane i reparacije u uslovima stresa, larve *D. megacephala* na trećem lokalitetu ispoljavaju porast biomase u poređenju sa larvama na kontrolnim lokalitetima (poglavlje 4.6).

Tokom istraživanja uticaja otpadnih voda ribnjaka na aktivnost enzima antioksidativnog stresa kod larvi *D. megacephala*, zabeležene su značajnije fluktuacije rastvorenog kiseonika (DO) i amonijaka samo na lokalitetima ispod pastrmskog ribnjaka (DO od 7 mg/l i NH_4^+ od 0,3141 mg/l na lokalitetu RŠ3; odnosno DO od 8 mg/l i NH_4^+ od 0,223 mg/l na RŠ4). Srednje vrednosti ortofosfata i ukupnog fosfora nisu premašivale vrednosti dozvoljenih koncentracija za salmonidne vode (TEPCD, 2006), što je najverovatnije povezano sa niskim sadržajem fosfata u ribljoj hrani (Živić *et al.*, 2009a). Koncentracije rastvorenog kiseonika na lokalitetima nizvodno od ribnjaka bile su smanjene za oko 1,4 puta u odnosu na koncentracije zabeležene na kontrolnim lokalitetima (DO od 10,4 mg/l na lokalitetu RŠ1 i 11 mg/l na lokalitetu RŠ2). Isti trend pada koncentracije kiseonika na lokalitetima u blizini ribnjaka, zabeležen je i u istraživanju Silva *et al.* (2012), zajedno sa porastom koncentracije ukupne organske materije. Eutrofikacija akvatičnih ekosistema upravo utiče na pojavu hipoksije, koja predstavlja jedan od najčešćih i najozbiljnih problema u životnoj sredini. Istraživanja pokazuju da je stres izazvan hipoksijom u korelaciji sa aktivnošću enzima antioksidativnog stresa i sa promenama u transkripciji gena vezanih za oksidativni stres u uslovima smanjene koncentracije kiseonika (Woo *et al.*, 2013).

Koncentracija amonijaka u vodi (koji u vodu dospeva kao ekskretorni produkt košljoriba, razgradnjom nepojedene hrane, spiranjem sa agrikulturnih površina, iz industrije, domaćinstava, itd.) može biti drastično povećana usled ispusta vode sa ribnjaka u recipijent. Povišene koncentracije amonijaka remete metabolizam hidrobionata, što je i pokazano u ovim istraživanjima na larvama vrste *D. megacephala*. Koncentracije amonijaka su bile oko 8,8 puta više na lokalitetima nizvodno od

pastrmskog ribnjaka (lokalitet RŠ3 sa 0,3141 mg/l NH_4^+ i RŠ4 sa 0,2223 mg/l NH_4^+) u odnosu na kontrolne lokalitete (RŠ1 sa NH_4^+ od 0,0319 mg/l i RŠ2 sa NH_4^+ od 0,0288 mg/l). Literaturni podaci takođe navode da povećana koncentracija amonijaka u vodenoj sredini može uticati na pojavu oksidativnog stresa kod akvatičnih organizama (Hegazi *et al.*, 2010; Sun *et al.*, 2012).

Rezultati istraživanja na larvama *D. megacephala* ukazuju da su promene u sredinskim parametrima na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (kao što su porast koncentracije amonijaka i smanjena koncentracija kiseonika) u korelaciji sa promenama antioksidativne odbrane kod larvi ove vrste, koja se ogleda u povećanoj aktivnosti SOD i CAT enzima. SOD i CAT antioksidativni enzimi čine prvu liniju ćelijske odbrane od toksičnih radikala, koji indukuju oksidativni stres. Značajan porast aktivnosti CAT enzima zabeležen je na prvom lokalitetu ispod ribnjaka (RŠ3) u poređenju sa ostala tri lokaliteta (RŠ1, RŠ2, RŠ4), kao i značajan porast aktivnosti SOD enzima na istom lokalitetu (RŠ3), u poređenju sa prvim kontrolnim lokalitetom (RŠ1). Antioksidansi su u međusobnoj interakciji kako bi održali dinamičku ravnotežu, sve u cilju zaštite organizama od oksidativnog oštećenja. Evidentno je da je SOD efektivan i senzitivan biomarker koji može poslužiti kao indikator oksidativnog stresa i oštećenja prouzrokovanih prisustvom mnogih toksina usled npr. promena u životnoj sredini. Povećana aktivnost SOD enzima usled porasta koncentracije amonijaka u vodi, igra ključnu ulogu u procesu eliminacije slobodnih radikala i reaktivnih kiseoničnih vrsta (Kosenko *et al.*, 1999).

Prema literaturnim podacima, iste promene u aktivnosti SOD i CAT enzima zabeležene su kod akvatične biljke *Egeria densa* Planch, nakon njenog izlaganja amonijaku u koncentracijama od 30 i 60 mg/l i poređenja sa kontrolom (Sun *et al.*, 2011). Takođe, značajan porast aktivnosti ova dva enzima u poređenju sa kontrolnom grupom, otkriven je i u jetri i mišićima tilapije *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 tretirane amonijakom različitih koncentracija (Hegazi *et al.*, 2010).

U cilju saznanja o stepenu adaptacije Plecoptera na različita staništa i uslove, vršena su istraživanja antioksidativnih enzima kod četiri različite vrste (*Perla marginata* (Panzer, 1799), *Guadalgenus franzi* (Aubert, 1963), *Isoperla curtata* Navás, 1924 i *Isoperla grammatica* Poda, 1761) koje se značajno razlikuju po svojim ekološkim i biološkim karakteristikama (Sanz *et al.*, 2010). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da

najveće vrednosti ukupnog antioksidativnog kapaciteta (suma aktivnosti različitih antioksidativnih enzima) imaju dve vrste sa najdužim životnim ciklusom i najvećom veličinom tela (*Perla marginata* (Panzer, 1799) i *Guadalgenus franzi* (Aubert, 1963)), uglavnom zbog povećane aktivnosti SOD i CAT enzima.

Korelacioni matriks analize glavnih komponenti (Slika 36, poglavlje 4.6) pokazao je da aktivnost CAT enzima raste sa porastom koncentracije amonijaka u vodi, a opada sa smanjenjem koncentracije kiseonika u vodi. Korelacija između aktivnosti SOD enzima i koncentracije rastvorenog kiseonika nije pokazala statističku značajnost. Iako je PCA analiza ukazala na značajan doprinos ukupnih suspendovanih čestica u varijabilnosti podataka (jer je F1 osa bila determinisana i ovim parametrom), nisu zabeležene statistički značajne razlike u koncentracijama ovog parametra između četiri lokaliteta. Drugi parametri koji su bili determinisani F1 osom (koja nosi najveći procenat varijabilnosti) značajno su se menjali između drugog i trećeg lokaliteta, što se ogleda u povećanoj aktivnosti CAT enzima na lokalitetima nizvodno od pastrmskog ribnjaka. Promene u protoku (najveća zabeležena vrednost je na trećem lokalitetu od 0,112 m³/s) mogu biti zanemarene, zato što bi one trebalo da imaju u potpunosti suprotne efekte u odnosu na registrovane. Naime, povećana vrednost brzine vode i više vrednosti protoka, trebalo bi da utiču na porast koncentracije kiseonika. Koncentracija rastvorenog kiseonika opada na trećem lokalitetu, što znači da povećana aktivnost CAT enzima može biti pripisana uglavnom ispustu vode iz ribnjaka, koja utiče, pre svega, na promene u koncentracijama amonijaka u recipijentu. Enzimsko aktivnost CAT enzima, najverovatnije je dovoljna da anulira indukovani stres, zato što biomasa jedinki na lokalitetu RŠ3 raste, a pritom ne dolazi do značajnog pada u njihovoj brojnosti.

5.4. Sistematski položaj i diverzifikacija roda *Baetis* Leach, 1815

Kao jedna od najprimitivnijih i najstarijih grupa pterigotnih insekata (Edmunds & McCafferty, 1988), red Ephemeroptera svakako zauzima posebno mesto u filogeniji insekata, sa recentnim taksonima značajnim za razumevanje evolucije insekata. Veza Ephemeroptera sa drugim pterigotnim grupama insekata je i dalje predmet mnogih debata, naročito u smislu monofiletskog porekla grupe Paleoptera (Whiting *et al.*, 1997; Beutel & Gorb, 2001; Staniczek, 2000). Na osnovu toga, predložene su tri hipoteze koje

pozicioniraju ovu drevnu grupu insekata u odnosu na druge pterigote. Svakako, najpoznatija hipoteza – **Paleoptera hipoteza** (Martynov, 1924) svrstava vodene cvetove zajedno sa redom Odonata u grupu Paleoptera, čineći sestrinsku grupu recentnim pterigotama, koje se svrstavaju u grupu Neoptera (Ephemeroptera + Odonata i Neoptera). Istraživanja zasnovana na molekularnim analizama, kao i činjenica da su brojna morfološka obeležja svojstvena samo ovom redu insekata, ukazuju da Ephemeroptera *per se* čine sestrinsku grupu svim ostalim recentim, pterigotnim grupama insekata, uključujući i red Odonata (Ephemeroptera i Odonata + Neoptera=Metapterygota), što je prikazano u **Basal Ephemeroptera hipotezi** (Ogden & Whiting, 2003). Na osnovu transfera sperme koja se kod Odonata odigrava indirektnim putem, a kod ostalih grupa insekata, uključujući Ephemeroptera i Neoptera, direktno (sinapomorfna odlika), formirana je **Basal Odonata hipoteza** (Matsuda, 1970; Boudreaux, 1979). Po ovoj hipotezi, Odonata se svrstavaju u posebnu grupu koja je sestrinska kladi Ephemeroptera + Neoptera. Molekularna istraživanja bazirana na nuklearnim i mitohondrijalnim genima (Wheeler *et al.*, 2001; Hovmöller *et al.*, 2002; Mallat & Giribet, 2006) podržavaju sve tri teorije, tako da prava slika o filogenetskoj poziciji Ephemeroptera još uvek nije jasna. Istraživanje mitohondrijalnog genoma insekata (koje je uključilo i vodene cvetove) znatno podržava *Basal Ephemeroptera* hipotezu (Zhang *et al.*, 2008).

Unutar reda Ephemeroptera, filogenetski odnosi između viših taksonomskih kategorija su takođe problematični, kao i u slučaju same pozicije Ephemeroptera među drugim insekatskim redovima. Dve najšire prihvaćene sistematske klasifikacije Ephemeroptera predložene su od strane McCaffertyja (1991) i Klugea (2004), koji grupišu taksone na sličan način, ali se znatno razlikuju u terminologiji, s obzirom da Kluge ne klasifikuje taksone po klasičnoj „Lineovskoj” nomenklaturi. Oba autora podelila su red Ephemeroptera na četiri glavne linije: 1) Carapacea (McCafferty)/Posteriorna (Kluge); 2) Retracheata (McCafferty)/Furcatergalia (Kluge); 3) Setisura (po oba autora); 4) Pisciforma (McCafferty)/Tridentisata (Kluge). McCafferty, čiji je sistem klasifikacije šire prihvaćen među taksonomima, u okviru ove četiri linije tj. podreda definisao je 37 familija. Carapacea se smatraju sestrinskom grupom preostalim linijama (Retracheata, Setisura i Pisciforma), dok se Retracheata (Furcatergalia) smatra sestrinskom kladom Setisura + Pisciforma (Ogden & Whiting,

2005). Iako su ove četiri linije generalno prihvaćene, filogenetske veze između njih, kao i pozicija i rangiranje pojedinih taksona unutar ovih linija još uvek nisu u potpunosti razrešeni.

Najskorija istraživanja vezana za celokupnu filogeniju Ephemeroptera (Ogden *et al.*, 2009) uključila su u analizu, kombinovano više od 100 morfoloških karaktera, kao i mitohondrijalne i nuklearne gene (18S rDNK, 28S rDNK, 16S rDNK, 12S rDNK i H3-histon 3 kodirajući gen za nukleozom). Rezultati studije ovih autora ukazuju da podred Carapacea nije u osnovi filogenetskog stabla Ephemeroptera, već je grupisan sa familijom Oligoneuriidae u zajedničku kladu, koja je sestrinska grupi (podredu) Furcastergalia. Na osnovu toga, ustanovljeno je da su Carapacea i Furcastergalia monofiletske klade, dok to nije slučaj sa podredovima Setisura i Pisciforma. U osnovi filogenetskog stabla Ephemeroptera našla se familija Siphuriscidae sa rodnom *Siphuriscus* Ulmer, 1920, kao sestrinski takson svim ostalim taksonima iz reda Ephemeroptera.

Na osnovu klasifikacija koju su predložili McCafferty (1991) i Kluge (2004), familija Baetidae se svrstava u superfamiliju Baetoidea i zajedno sa superfamilijom Siphonuroidea pripada podredu Pisciforma. Oba autora ne navode nijednu hipotezu koja objašnjava filogenetske veze u okviru Pisciforma (izuzev podele na dve superfamilije). Jedini definisani karakteri, koji grupišu pripadnike ovog podreda su forma tela nalik ribama i način plivanja larvi (McCafferty, 1991). Međutim, na osnovu istraživanja iz 2005. (Ogden & Whiting, 2005) i 2009. godine (Ogden *et al.*, 2009), baziranim samo na molekularnim podacima, Baetidae ne pripadaju pisciformnim Ephemeroptera, već ih zajedno sa familijom Isonychiidae svrtavaju u osnovu filogenetskog stabla, odmah nakon roda *Siphuriscus*. Ovo ukazuje na izuzetnu filogenetsku starost ove grupe insekata.

Najveći specijski diverzitet Ephemeroptera zabeležen je upravo u okviru familije Baetidae, pre svega zbog velikog broja opisanih vrsta (158) u okviru roda *Baetis* (Barber-James *et al.*, 2008). Rod *Baetis* bio je i ostao predmet istraživanja mnogih istraživača širom sveta, a svakako revizija zapadnih i centralno evropskih taksona ovog roda od strane Müller-Liebenau (1969), predstavlja i danas nezaobilazno štivo za raspoznavanje vrsta unutar roda.

Čineći bitnu komponentu biocenoze slatkovodnih ekosistema, naročito tekućica, larve vodenih cvetova našle su široku primenu u studijama biomonitoringa. Na osnovu Direktive o vodama Evropske Unije - WFD 2000/60/CE (WFD, 2000), Ephemeroptera su svrstane u grupu bioindikatorskih organizama. Njihova česta zastupljenost u uzorcima makroinvertebrata i na osnovu toga što njihove zajednice reflektuju stanje životne sredine, čine glavne razloge na osnovu kojih su Ephemeroptera prihvaćene kao biološki indikatori kvaliteta vode. U brdsko-planinskim tekućicama larve roda *Baetis* često dominiraju u uzorcima makroinvertebrata. U Srbiji, to je rod sa najvećim brojem opisanih vrsta u okviru reda Ephemeroptera (Petrović *et al.*, 2015). Determinacija vrsta unutar ovog roda kod većine vrsta može se izvršiti sa velikom pouzdanošću, ali samo kod jedinki koje se nalaze na poslednjim stupnjevima razvića. Međutim, često se dešava da su u uzorcima zastupljene jedinke na početnim larvalnim (nimfalnim) stupnjevima ili jedinke sa oštećenim delovima tela (škrge, ekstremiteti, cerci) na kojima se nalaze bitni taksonomski karakteri za determinaciju vrsta. Pored sedam identifikovanih vrsta u istraživanim tekućicama, našle su se upravo takve jedinke, sa učestalošću od 27%, determinisanih samo do nivoa roda. Kao jedno od rešenja za prevazilaženje ovih problema jeste uključivanje DNK barkodinga u studije biomonitoringa (Webb *et al.*, 2012; Cardoni *et al.*, 2013). Pored toga što je DNK barkodingom omogućeno identifikovanje vrsta čija determinacija može biti komplikovana, ono pruža mogućnost standardizacije podataka u studijama monitoringa, na osnovu čega je moguće vršiti komparaciju dobijenih rezultata. Osim toga, upotrebom barkodinga, koje omogućava determinaciju taksona do nivoa vrsta (ili čak na nivou populacija), dobijaju se pouzdaniji podaci o prisutnim taksonima čime se osetljivost analize u monitoring programima znatno povećava (Webb, 2012).

Upotrebom DNK barkodiranja, otkriveni su kompleksi kriptičkih taksona u okviru roda *Baetis*, kod vrsta: *B. alpinus* (Finn *et al.*, 2013; 2014; Múrria *et al.*, 2014; Gattolliat *et al.*, 2015; Leys *et al.*, 2016), *B. bicaudatus* Dodds, 1923 (Hughes *et al.*, 2003), *B. harrisoni* Barnard, 1932 (Pereira-da-Conceicao *et al.*, 2012), *B. rhodani* (Williams *et al.*, 2006; Lucentini *et al.*, 2011) i *B. vernus* (Ståhls & Savolainen, 2008).

Taksonomska analiza roda *Baetis* podrazumevala je identifikaciju vrsta prisutnih na lokalitetima tekućica na kojim je vršeno prikupljanje organizama makrozoobentosa. Kroz morfološku analizu, dat je opis karaktera koji su bitni za raspoznavanje vrsta

unutar roda (videti poglavlje 4.7). Umnožavanjem barkoding regiona mitohondrijalne DNK ekstrahovane iz larvi i poređenjem sa referentnim sekvencama iz svetskih baza podataka, potvrđen je status vrsta *B. alpinus*, *B. lutheri* i *B. melanonyx*. Predstavnicima iz *fuscatus* i *vernus* grupe su prvo determinisani do nivoa grupa vrsta. Nakon detaljnije morfološke analize, kroz seriju preparata, kao i molekularnom karakterizacijom barkoding regiona, potvrđeno je da se radi o vrstama *B. scambus* (*fuscatus* grupa) i *B. vernus* (*vernus* grupa).

Detaljna determinacija larvi roda *Baetis* podrazumeva disekciju delova usnog aparata, tergita, ekstremiteta i paraprokta. Jedino tako mogu se sagledati svi morfološki karakteri na osnovu kojih je moguće napraviti razliku između vrsta, ali i grupa vrsta. Na osnovu pregledanih taksona, generalni zaključak je da se za što uspešniju determinaciju larvi, naročita pažnja treba obratiti na sledeće karaktere: izgled mandibula i labijalnih palpa, površina tergita i paraprokta. Na ovim strukturama se prati njihov oblik ili broj zubića, a pre svega tip i raspored čekinja i njihovih osnova. Kada su mandibule u pitanju, iako one predstavljaju pouzdan morfološki karakter, često se dešava da one mogu biti istrošene usled korišćenja, jer su većine vrsta roda *Baetis* strugači (Moog, 2002), pa je teško ustanoviti oblik i broj incizora. Zato bi idealno bilo posmatrati mandibule kod larvi koje su se tek presvukle, tj. prešle u novi, po mogućstvu poslednji, larvalni stupanj. To je i kod pojedinih vrsta primećeno, gde se ispod starih mandibula jasno uočavaju nove.

Uzimajući u obzir rezultate dosadašnjih istraživanja, za taksonomsku karakterizaciju mnogih grupa akvatičnih insekata, koji najčešće imaju dve nezavisne faze razvicia (u vodi i na kopnu), uključujući i rod *Baetis*, najbolje je primeniti integrativni pristup. To bi podrazumevalo pored korišćenja definisanih morfoloških karakterata za razlikovanje između vrsta i uključivanje metoda DNK barkodinga, čime je moguće sagledati postojanje potencijalnih kriptičkih taksona, što se i pokazalo kod vrsta roda *Baetis*. U opisu ovih kriptičkih taksona, pored morfoloških i molekularnih markera, neophodno je sagledati i ekologiju taksona (ekološke preference), kao i njihovu distribuciju (Monaghan & Sartori, 2009).

5.4.1. Podrod *Baetis* Leach, 1815: *Baetis alpinus* grupa

Larve ove grupe vrsta odlikuje kraći abdomen, ventralno spljošteno telo i paracerk koji je manje-više redukovan (Bauernfeind & Soldán, 2012). Obuhvata vrste sa širim arealima: *Baetis alpinus* (Pictet, 1843), *B. maurus* Kimmins, 1983, *B. melanonyx* (Pictet, 1843), zatim vrste koje su stenoendemiti ili endemiti: *B. berberus* Thomas, 1986, *B. cyrneus* Thomas & Gazagnes, 1984, *B. nicolae* Thomas & Gazagnes, 1983, *B. pasquetorum* Righrtti & Thomas, 2002, ali i vrste koje su zabeležene samo na pojedinim lokalitetima nezavisnih regiona: *B. catharus* Thomas, 1986, *B. nubercularis* Eaton, 1898, *B. punicus* Thomas, Boumaïza & Soldán, 1983.

U okviru *alpinus* grupe vrsta, pronađene su dve bliske vrste *B. alpinus* i *B. melanonyx*. Češće je pronalazena vrsta *B. alpinus*, čije je prisustvo zabeleženo u skoro svim istraživanim tekućicama (izuzev reke Mlave). Učestalost ove vrste u odnosu na ukupan broj svih taksona iznosila je 21%, a vrste *B. melanonyx* približno 9%. Pouzdani taksonomski karakteri koji jasno mogu razdvojiti ove dve vrste, čije su razlike uočene kroz seriju mikroskopskih preparata, su sledeći: građa mandibula, broj trnova na vrhu drugog segmenta maksilarnog palpa i izgled površine tergita (videti poglavlja 4.7.1.1 i 4.7.1.2). Kada su u pitanju mandibule, unutrašnja grupa zubića je kod *B. alpinus* uvek snažnije razvijena u poređenju sa *B. melanonyx*. Takođe, bitno je obratiti pažnju i na spoljašnju grupu zubića, jer često kod vrste *B. alpinus* usled njihove istrošenosti mogu nalikovati spoljašnjoj grupi zubića kod *B. melanonyx*. Šara na pronotumu može takođe biti dobar karakter za razlikovanje ove dve srodne vrste, ali ne treba se oslanjati samo na ovu determinantu, jer ponekad lateralne šare kod *B. melanonyx* mogu biti jače izražene i nalikovati šari *B. alpinus*. Ove dve vrste imaju i drugačiju biologiju vezanu za životni ciklus. Vrstu *B. alpinus* karakteriše multivoltni životni ciklus (vrlo retko univoltni, na višim nadmorskim visinama), sa brojem generacija koji zavisi uglavnom od temperature vode (Bauernfeind & Soldán, 2012). Životni ciklus vrste *B. melanonyx* je univoltni. Radi se o letnjoj vrsti čiji je period emergencije obično u maju ili početkom juna meseca (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Baetis melanonyx je generalno vrsta koja je osetljivija na zagađenje organskog tipa, što ukazuje vrednost saprobne valence koja je za ovu vrstu niža (Moog, 2002). Istraživanje je pokazalo da je *B. melanonyx* manje brojna na lokalitetima nizvodno od

ribnjaka u poređenju sa vrstom *B. alpinus*. Na lokalitetima neposredno ispod ispusta vode iz ribnjaka na reci Rači tokom celog perioda istraživanja, kao i reci Rasini (izuzev juna 2011. i maja 2012. godine) prisustvo ove vrste nije zabeleženo. Vrsta *B. alpinus* prisutna je na istim lokalitetima (sa manjim brojem jedinki), na osnovu čega se može smatrati da je vrsta *B. melanonyx* još bolji indikator zagađenja organskog tipa. Usled registrovanja vrste *B. melanonyx* u četiri tekućice (Rača, Trešnjica, Rasina i Vrla) tvrdnja da je njen areal manji od 150 km² (Petrović *et al.*, 2015), u cilju dobijanja statusa ugrožene vrste (IUCN - EN), ne može biti ispravna. Njene populacije svakako mogu biti ugrožene antropogenom delatnošću, koje je pre svega povezano sa procesom eutrofizacije, ali nalazi na istraživanim rekama ukazuju da je njen areal znatno veći. Takođe, na pojedinim lokalitetima (reka Rača, kontrolni lokalitet - RČ1) zabeležena je velika brojnost, naročito u maju mesecu neposredno pred ekloziju.

Poređenjem sekvenci barkoding regiona mtDNK jedinki *B. alpinus* i *B. melanonyx*, utvrđena je evolutivna distanca preko 20%. Molekularnom analizom jedinki *B. alpinus* iz populacija sa reke Trešnjice i Rače, ustanovljeno je da su sekvence barkoding regiona identične. Unutar vrste *B. alpinus* otkriveno je prisustvo mnogih kriptičkih linija, naročito u okviru planinskih venaca kao što su Alpi i Pirineji, gde se duž oštrog gradijenta (u smislu nadmorske visine) uočava visok genetički diverzitet ove vrste i prisustvo jedinstvenih haplotipova karakterističnih za izolovane populacije planinskih glečera (Leys *et al.*, 2016; Finn *et al.*, 2013). Populacije *B. alpinus* sa pomenuta dva lokaliteta u Srbiji razlikuju se preko 20% u odnosu na referentne jedinke iz banke gena. Ovako visoka stopa divergencije takođe je utvrđena između referentnih alpskih i apeninskih populacija (Gattolliat *et al.*, 2015; Leys *et al.*, 2016), jasno ukazujući da kad je reč o *B. alpinus*, da je u pitanju kompleks značajnog broja kriptičkih entiteta.

Leys *et al.* (2016) navode nekoliko dodatnih morfoloških karaktera koje je potrebno pratiti kako bi se utvrdile razlike između različitih linija unutar vrste *B. alpinus*. Jedan od tih karaktera je broj redova dugih čekinja duž dorzalne ivice femura. Uobičajno je da su čekinje grupisane u više redova, tj. da su gusto raspoređene, ali kod izolovanih alpskih linija pronađene su jedinke sa jednim nizom čekinja duž unutrašnje ivice femura. Interesantno je napomenuti da je kod pojedinih jedinki iz populacije sa Radovanske reke (Slika 25, videti poglavlje 4.7.1.1) takođe ustanovljen jedan niz ovih

čekinja. Ono što je odlikovalo te jedinke, kao i jedan broj jedinki iz populacije sa reke Vrle, jeste prisustvo četiri subapikalne čekinje na tarzalnoj kandžici (Slika 25, videti poglavlje 4.7.1.1). Prisustvo dve subapikalne čekinje na vrhu tarzalne kandžice čini osnovno obeležje čitave *alpinus* grupe, a pojava još dve čekinje svakako predstavlja interesantan fenomen. Iste jedinke sa obe reke imaju i specifičan izgled paraproktalne ploče (Slika 25, videti poglavlje 4.7.1.1), usled prisustva reljefastog polja sa hitinoznim zubićima - *shagreened area* (prema Müller-Liebenau, 1973). Reljefasto polje na paraproktu kod *alpinus* grupe, sreće se samo kod vrste *B. berberus*, endemita planine Atlas (Bauernfeind & Soldán, 2012).

5.4.2. Podrod *Baetis* Leach, 1815: *Baetis fuscatus* grupa

Mala grupa, u koju je uključeno svega tri vrste: *Baetis beskidensis* Sowa, 1972 kao karpatski endemit i široko rasprostranjene vrste *B. fuscatus* (Linnaeus, 1761) i *B. scambus*. Osnovne karakteristike larvi *fuscatus* grupe su sledeće: spoljašnja grupa incizora na mandibulama je razdvojena, jednaka po veličini; vrh distalnog segmenta maksilarnog palpa zaobljen, sa jakim čekinjama; posterioran ivica femura sa dugim, apikalno zaobljenim čekinjama; unutrašnja ivica paraprokta sa do deset apikalnih zubića različite veličine; cerci i paracerk svetli sa uočljivim tamnim prugama po sredini (Bauernfeind & Soldán, 2012).

U populacijama na reci Studenici, Rasini i Trešnjici identifikovani su predstavnici vrste *B. scambus*. Status vrste potvrđen je i molekularno, analizom barkoding regiona COI gena. Na lokalitetima na kojima su pronađene nisu bile brojne, a njihovo učešće u odnosu na ukupan broj detektovanih taksona roda *Baetis* bilo je svega 0,85%. Problematika ove grupe vrsta sreće se kod dve, morfološki dosta slične vrste, *B. fuscatus* i *B. scambus*, naročito na larvalnom stadijumu. Često se areal ove dve vrste može preklopiti.

Kao jedan od primarnih karaktera koji je korišćen za identifikovanje larvi ove vrste jeste šara na glavi duž epikranijalne suture, u vidu svetlo žutih ili belih tačaka koja su jasno izražene na tamnoj površini. Kod vrste *B. fuscatus* ove šare na glavi su neupadljive, jer su najčešće svetlo braon, pozicionirane na tamnijoj površini. Ako bi se

poredila obojenost pronotuma, može se takođe napraviti razlika među vrstama. Iako je obrazac šare dosta sličan, osnovna koloracija pronotuma kod *B. scambus* je tamnija, sa više kontrastnih obeležja (Müller-Liebenau, 1969). Pošto koloracija ovih struktura može biti vrlo varijabilan karakter, a ponekad je i teško odrediti nijanse boja, još jedan karakter na koji treba obratiti pažnju za razlikovanje ove dve vrste je izgled labijalnog palpa. Treći segment labijalnog palpa kod vrste *B. scambus* je simetričan, ovalan, dok je kod *B. fuscatus* blago asimetričan. Apikalni lobus drugog segmenta labijalnog palapa je prominentniji kod vrste *B. fuscatus* (Bauernfeind & Soldán, 2012). Poredeći preferenciju ka određenom tipu staništa, između ove dve vrste nema značajnih razlika, izuzev što je *B. scambus* dominantniji u zoni ritrala, na višim nadmorskim visinama, dok je *B. fuscatus* pored zone ritrala, vezan i za zonu potamala, na nižim nadmorskim visinama (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Iako navedeni karakteri larvi ukazuju da se može napraviti distinkcija između ove dve bliske vrste, u njihovim mešovitim populacijama ponekad je teško uočiti te razlike, naročito kod larvi na nižim stupnjevima razvića. Iz tog razloga, kod determinacije ovih vrsta, neophodno je uključiti i molekularnu identifikaciju na osnovu analize barkoding regiona mitohondrijalne DNK, za rasvetljavanje ovakvog vida problema.

5.4.3. Podrod *Baetis* Leach, 1815: *Baetis lutheri* grupa

Baetis lutheri grupa vrsta filogenetski je nabliza *alpinus* i *pavidus* grupi, koje odlikuje glavna zajednička karakteristika u vidu kraćeg paracerka, koji može biti kraći i od polovine dužine ceraka (Jacob, 2003). Ukupno šest evropskih vrsta priključeno je ovoj grupi: *B. estrelensis* Müller-Liebenau, 1974; *B. lutheri* Müller-Liebenau, 1967; *B. meridionalis* Ikomonov, 1954; *B. mirkae* Soldán & Godunko, 2008; *B. nigrescens* Navás, 1931; *B. vardarensis* Ikomonov, 1962. Ove vrste su uglavnom ograničene na određena geografska područja, najčešće Istočni i Zapadni Mediteran, izuzev vrsta *B. lutheri* i *B. vardarensis* koje imaju šire evropsko rasprostranjenje. Pripadnici *lutheri* grupe se dele na dve podgrupe: altanto-mediteranska sa vrstama *B. estrelensis* i *B. nigrescens* (sa jače izraženim reljefastim poljem – *chagrin area* po površini tela i

redukovanim paracerkom) i ponto-mediteranska, sa vrstama *B. lutheri*, *B. mirkae*, *B. vardarensis* (sa slabije izraženim reljefastim poljem i dužim paracerkom) (Bauernfeind & Soldán, 2012). Pozicija vrste *B. meridionalis* unutar *lutheri* grupe je diskutabilna, smatra se da je ona bliža *pavidus* grupi (Bauernfeind & Soldán, 2012). Osnovna morfološka obeležja koja odlikuju larve ove grupe vrsta su sledeća: tarzalne kandžice sa parom tankih, subapikalnih čekinja; površina tergita sa uočljivim naborima; posteriorna ivica tergita sa kratkim, zaobljenim trnovima; paracerk rudimentisan ili redukovan (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Baetis lutheri je jedina vrsta iz *lutheri* grupe koja je pronađena na svim istraživanim lokalitetima, čime je potvrđeno da ona ima široko rasprostranjenje u Srbiji. Procentualna zastupljenost jedinki ove vrste (u odnosu na ukupan broj sakupljenih taksona roda *Baetis*) iznosila je 7,3% , čineći je trećom najbrojnijom vrstom, odmah nakon vrste *B. alpinus*. Prema literaturnim podacima (Haybach, 1998), larve *B. lutheri* nastanjuju veće reke, sa višim temperaturama i obično menjaju vrstu *B. alpinus* u zonama hiporitrala i metaritrala. U istraživanim tekućicama, to nije bio slučaj, jer na većini vodotokova gde je registrovano prisustvo obe vrste, nađene su u mešovitim populacijama. Jedino je brojnost *B. alpinus* bila manja na pojedinim lokalitetima ispod pastrmskih ribnjaka (Crnica, Raška, Rača), što govori o indikatorskim svojstvima vrste *B. lutheri*, koja do izvesne mere toleriše organski vid zagađenja.

Ono što je primećeno kod ove vrste, kod jedinki iz svih populacija, jeste postojanje reljefastog polja sa hitinoznim zubićima – *shagreened area* (prema Müller-Liebenau, 1973) na površini paraproktalne ploče. U *lutheri* grupi, ovakva struktura je kao karakter navedena samo kod atlanto-mediteranske vrste *B. nigrescens* i u manjoj meri kod zapadno-mediteranske vrste *B. estrelensis* (Bauernfeind & Soldán, 2012). Svakako treba istražiti da li je prisustvo/odsustvo reljefastog polja na paraproktu dobar karakter, ili se treba tretirati kao varijabilan karakter koji nije bitan za razlikovanje vrsta, unutar iste grupe vrsta.

Pored vrste *B. lutheri*, u Srbiji je zabeleženo prisustvo i vrste *B. vardarensis* (Petrović *et al.*, 2015). Naizgled su ove dve vrste morfološki dosta slične, ali razlika između njih se može napraviti poredivši nekoliko struktura koji su bitni taksonomski karakteri (Bauernfeind & Soldán, 2012). Treći segment labijalnog palpa je kod *B. lutheri* simetričan u poređenju sa *B. vardarensis* kod kog je asimetričan. Posteriorna

ivica femura kod *B. vardarensis* je takođe sa dugim čekinjama, kao kod *B. lutheri*, ali su one gusto raspoređene i organizovane u više od dva reda. Duž ivice paraprokta kod *B. vardarensis* izostaju jaki zubići u vidu trnova. Takođe, Ikomonov (1962) navodi prisustvo malih lamela duž ivice škrga kod *B. vardarensis*, što je svojstveno obeležje samo ove vrste.

5.4.4. Podrod *Baetis* Leach, 1815: *Baetis vernus* grupa

Larve ove grupe mogu naseliti najrazličitije tipove vodenih staništa, od epiritralne zone tekućica do velikih reka, kao i jezera. Mogu biti eudominantne na mnogim lokalitetima usled široke ekološke valence prema mnogim faktorima (Bauernfeind & Soldán, 2012). U okviru ove grupe, opisano je ukupno sedam evropskih vrsta: *Baetis feles* Kluge 1980, *B. kozufensis* Ikomonov, 1962, *B. liebenauae* Keffermüller, 1974, *B. macani* Kimmins, 1957, *B. subalpinus* Bengtsson, 1917, *B. tracheatus* Keffermüller & Machel, 1967, *B. vernus* Curtis, 1834. Osnovni dijagnostički karakteri larvi, koji ukazuju da jedinke pripadaju *vernus* grupi, su sledeći: mandibularni incizori razdvojeni na spoljašnju i unutrašnju grupu; površina tergita sa ljuspastim-koničnim čekinjama; cerci i paracerk iste dužine, uniformno obojeni (Bauernfeind & Soldán, 2012).

U rekama na kojima je vršeno ispitivanje uticaja pastrmskih ribnjaka, pronađena je samo jedna vrsta *B. vernus*, tipičan predstavnik grupe. Svega 49 jedinki sakupljeno je na lokalitetima na reci Mlavi i Vrli, što predstavlja 0,17% učešća u ukupnoj brojnosti registrovanih taksona roda *Baetis*.

Karakteristi koji omogućavaju razlikovanje larvi *B. vernus*, u odnosu na ostale vrste iz *vernus* grupe, su sledeći: izgled fronsa (trouglast), spoljašnja grupa incizora nije odvojena pukotinom od unutrašnje grupe incizora, prvi zubić spoljašnje grupe incizora je nešto širi u poređenju sa ostalim zubićima, posteriorna ivica femura je sa batinastim čekinjama, unutrašnja ivica paraprokta sa oko 20 zubića (Bauernfeind & Soldán, 2012). Međutim, treba biti naročito obazriv prilikom determinacije larvi unutar *vernus* grupe vrsta. Taksonomski gledano, čini najkomplikovaniju grupu, sa pojedinim karakteristikama kod larvi (izgled škrga, građa mandibula) koji se između vrsta mogu preklapati

(Savolainen *et al.*, 2007). Nasuprot tome, pojedini karakteri se mogu razlikovati u okviru različitih populacija iste vrste. Istraživanjem centralno-evropske faune vodenih cvetova ustanovljeno je postojanje razlike u građi škrge unutar vrsta *B. macani*, *B. vernus* i *B. tracheatus*, u zavisnosti od toga da li naseljavaju tekuće ili stajaće vode (Bauernfeind & Humpesch, 2001). Kod napomenutih vrsta, škrge su znatno duže kod jedinki iz populacija stajaćih voda. Na osnovu toga, morfologija vrsta u okviru *vernus* grupe može biti uslovljena ekološkim parametrima, što svakako otežava njihovu identifikaciju. Koliko je *vernus* grupa vrsta komplikovna, pokazano je analizom parsimonije za sekvence mitohondrijalnog COI gena, gde je ustanovljeno da na teritoriji Severne Evrope (Finske) postoji visok nivo kriptičkog diverziteta u okviru ove grupe, sa čak tri divergentne haplogrupe u okviru vrste *B. vernus* (Ståhls & Savolainen, 2008).

U fauni Srbije zabeleženi su tri vrste iz *vernus* grupe: *B. kozufensis*, *B. liebenauae* i *B. tracheatus*. Status vrste *B. kozufensis* se dovodi u pitanje. Definisana je kao *species inquirenda* (Bauernfeind & Soldán, 2012), odnosno vrsta za koju postoji mogućnost da je pogrešno identifikovana i koja zahteva dalju reviziju. Međutim, u Albaniji su pronađene stabilne populacije larvi (Kovács & Murány, 2013), koje po habitusu i morfološkim karakteristikama u potpunosti odgovaraju opisu ove vrste koji je dao Ikomonov (1962). Pošto je *B. kozufensis* najbliža vrsti *B. vernus*, buduća istraživanja mogu biti usmerena ka genetičkim poređenjima ove dve vrste, na osnovu čega se može testirati sama validnost vrste.

5.4. 5. Podrod *Nigrobaetis* Novikova & Kluge, 1987: *Baetis gracilis*, *Baetis muticus* i *Baetis niger* grupa (subgrupa) vrsta (Müller–Liebenau, 1974 i Jacob, 2003)

Predstavnici ovog podroda su se prvo svrstavali, na osnovu podele Müller-Liebenau (1969), u dve grupe vrsta: *Baetis gracilis* (sa vrstama *B. muticus* (Linnaeus, 1758) i *B. gracilis* Bogoesu & Tabacaru, 1957) i *B. niger* (sa vrstama *B. niger* (Linnaeus, 1761) i *B. digitatus* Bengtsson, 1921, kao i naknadno opisanom vrstom *B. rhithralis* Soldán & Thomas, 1983; comb. nov). Nakon toga, ova podela je doživela reviziju od strane istog autora (Müller-Liebenau, 1974), gde je *B. muticus* vrsta dobila zaseban status grupe vrsta ili subgrupe (Jacobs, 2003) u koju se danas svrstavaju do tada neopisani taksoni, *B. albinatii* Sartori i Thomas, 1989; comb. nov. i *B. navasi* Müller-

Liebenau, 1974; comb. nov. Takođe, u okviru podroda *Nigrobaetis* opisane su još tri vrste koje imaju nezavisnu (izolovanu) poziciju u odnosu na tri napomenute grupe vrsta: *B. (Nigrobaetis) numidicus* Soldán & Thomas, 1983; comb. nov., *B. (N.) oukaimeden* Thomas & Sartori, 1992; comb. nov. i bliska vrsta predhodnoj *B. (N.) sadati* Thomas, 1994; comb. nov.

Larve ovog podroda odlikuju sledeći morfološki karakteri: telo komprimovano lateralno, na poprečnom preseku cilindrično; prosteka na desnoj mandibuli obično redukovana ili odsutna; drugi segment labijalnog palpa sa blago konkavnim unutrašnjim ivicama; prvi par škrga redukovani ili odsutni (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Prema klasifikaciji koji su predložili Waltz & McCafferty (1997) (slika 4.; videti poglavlje 1.4.1.1), podrod *Nigrobaetis* ima status roda i svrstava se u poseban ne-*Baetis* kompleks (usled odsustva femoralne vilipore), koji uključuje sve vrste iz *niger* i *gracilis* grupe prema Müller-Liebenau (1969). U okviru ovog ne-*Baetis* kompleksa uključena su još tri roda: *Alainites* Waltz & McCafferty, 1994, *Dipheter* Waltz & McCafferty, 1987 i *Takobia* Novikova & Kluge, 1987. Rod *Alainites* uključuje i vrstu *muticus* koja predstavlja sinonim vrsti *Baetis muticus*, tako da se često u literaturi može sresti pod nazivom *Alainites muticus* (Linnaeus, 1758). Ovakav koncept klasifikacije potfamilije Baetinae generalno je ređe prihvaćen među evropskim taksonomima, stoga je za vrstu *muticus* u ovoj studiji priložena rodu *Baetis* i podrodu *Nigrobaetis*.

U našoj fauni, u okviru podroda *Nigrobaetis*, registovane su dve vrste: *Baetis niger* i *B. muticus*. U uzorcima istraživanih lokaliteta, pronađena je samo vrsta *B. muticus* koja je uzela učešće od 1,95% u odnosu na ukupan broj determinisanih taksona roda *Baetis*. Vrsta se može lako determinisati na osnovu sledeća tri karaktera: redukovana prosteka na desnoj mandibuli (Slika 35. D, videti poglavlje 4.7.1.6), površina tergita sa trapezoidnim osnovama čekinja (slika 34. C) i specifičan izgled paraprokta sa trnolikim izraštajem (slika 34.F, poglavlje 4.7.1.6).

5.4.6. Podrod *Rhodobaetis* Jacob, 2003: *Baetis rhodani* grupa vrsta

Kazlauskas je (1972) prvi put predložio ime podroda *Rhodobaetis*, dodelivši ga vrstama uključene u *Baetis rhodani* grupu vrsta. Kako Kazlauskas nije definisao tipsku

vrstu ovog podroda, ime *Rhodobaetis* nije prihvaćeno (Hubbard, 1979). Formalni autor podroda *Rhodobaetis* jeste Jacob (2003), koji je izvršio njegovu redeskripciju i kao tipsku vrstu postavio *B. rhodani* (Pictet, 1843).

Podrod *Rhodobaetis* pored *B. rhodani* grupe vrsta, uključuje i *B. pseudothermicus* grupu, predloženu od strane Novikova-e (1987). Najveći broj vrsta u okviru ovog podroda opisan je u Centralnoj Aziji (Godunko *et al.*, 2004). U Evropi je zabeleženo 14 vrsta, sa brojnim endemičnim predstavnicima: *Baetis atlanticus* Soldán & Godunko, 2006; *B. canariensis* Müller-Liebenau, 1971; *B. chelif*, Soldán, Godunko & Thomas, 2005; *B. enigmaticus* Gattolliat & Sartori, 2008; *B. gadeai* Thomas, 1999; *B. ingridae* Thomas & Soldán, 1987; *B. irenkae* Soldán & Godunko, 2009; *B. milani* Godunko, Prokopov & Soldán, 2004; *B. pseudorhodani* Müller-Liebenau, 1971 i *B. sinespinosus* Soldán & Thomas, 1983. Ovom podrodu priključene su još tri vrste sa širim evropskim rasprostranjenjem: *B. bicaudatus* Dodds, 1923; *B. braaschi* Zimmermann, 1980 i *B. rhodani* (Pictet, 1843). Vrsta *B. gemellus* Eaton, 1885 takođe se spominje kao jedna od vrsta koja pripada *rhodani* grupi, ali smatra se nedovoljno poznatim taksonom, sa larvalnim karakterima koji nisu opisani, tako da ima status *species inquirenda* (Bauernfeind & Soldán, 2012).

Larve podroda *Rhodobaetis* odlikuju sledeća morfološka obeležja: oblik tela na poprečnom preseku cilindričan; antene sa spljoštenim, špatulastim čekinjama; mandibule sa pravom spoljašnjom ivicom; sedam pari škrge sa obično jakim čekinjama po ivici; paracerk dobro razvijen (Bauernfeind & Soldán, 2012). Svakako, jedna od najsvojstvenijih karakteristika larvi ovog podroda je prisustvo fleksibilnih, špatulastih čekinja po površini tergita (Jacob, 2003).

Vrsta *B. rhodani* bila je dominantna u uzorcima sakupljenih larvi roda *Baetis* na svim istraživanim tekućica, u svim sezonama. Jedino je na kontrolnim lokalitetama pojedinih reka (Rača, Vrla) njena brojnost bila manja usled dominacije vikarne vrste *B. alpinus*. Uzela je učešće od 38% u odnosu na ukupan broj determinisanih taksona roda *Baetis*. Njeno dominantno prisustvo je i očekivano, jer poredivši je sa ostalim vrstama ovog roda, čini široko rasprostranjenu vrstu, adaptiranu na mnoge uslove u životnoj sredini (Sartori & Landolt, 1999).

Molekularna potvrda statusa vrsta *B. rhodani* i *B. muticus* nije neophodna, jer su to vrste koje su dobro prepoznatljive i na osnovu jednog morfološkog karaktera. Larve

B. rhodani se lako određuju po prisustvu trnova duž unutrašnje ivice škrga, a larve *B. muticus* po redukovanoj prosteki na desnoj mandibuli. Međutim, filogenetskim istraživanjima populacija vrste *B. rhodani* u Zapadnoj Evropi, upotrebom mitohondrijalnih COI gena, pokazano je da postoji sedam COI haplogrupa koje se među sobom razlikuju 8-19% (Williams *et al.*, 2006). Ovako visoka divergencija između različitih populacija iste vrste, jasno ukazuje na postojanje nezavisnih, morfološki kriptičkih taksona. Svakako, molekularnim istraživanjima na teritoriji Srbije bilo bi interesantno uvideti da li bi se naše populacije ove vrste grupisale u neku od ovih sedam haplogrupa, ili bi formirale potencijalno nove.

6. ZAKLJUČCI

Doktorska disertacija je obuhvatila nekoliko aspekata istraživanja zajednica makrozoobentosa brdsko-planinskih tekućica izloženih uticajima pastrmskih ribnjaka, na osnovu kojih se mogu izneti sledeći zaključci:

- U devet istraživanih tekućica, na 50 lokaliteta smeštenih u okviru pete i sedme limnofaunističke zone slatkovodne faune Evrope, identifikovano je ukupno 368 taksona u okviru zajednica makrozoobentosa. Od toga, 258 taksona determinisano je do nivoa vrste, 13 do nivoa grupe vrsta, 95 do nivoa roda, jedan do nivoa familije, dok determinacija jedinki iz grupe vodenih grinja nije izvršena.
- Najveći broj taksona zabeležen je na reci Rasini (190), zatim Rači (177), Radovanskoj reci (175), Crnici (154), Studenici (154) i Vrli (145). Nešto manji broj taksona registrovan je na rekama Trešnjici (129) i Mlavi (119), dok je najmanji broj taksona pronađen na reci Raškoj (107).
- Najraznovrsniju grupu zajednice makroinvertebrata predstavljali su akvatični insekti, dominantno njihovi larvalni stadijumi. Po broju identifikovanih taksona, familija Chironomidae činila je glavnu komponentu zajednica makrozoobentosa, sa 102 identifikovana taksona. Među akvatičnim insektima, zabeležena je i raznovrsnost u okviru redova Trioptera (59 taksona), Ephemeroptera (49) i Plecoptera (41).
- Identifikovano je sedam novih taksona vodenih insekata za faunu Srbije, tri iz reda Ephemeroptera roda *Rhythrogena*: *R. cf. hercynia* Landa, 1969 (Studenica, Vrla), *R. cf. savoienis* Alba-Tercedor & Sowa, 1987 (Studenica) i *R. cf. braaschi* Jacob, 1974 (Rača i Radovanska reka); jedan iz familije Chironomidae: *Symbiocladius rhithrogenae* (Zarvel, 1924); dva iz reda Trichoptera: *Ithytrichia lamellaris* Eaton, 1873 (familija Hydroptilidae) i *Ecclisopteryx cf. keroveci* Previšić, Graf & Vitecek, 2014 (familija Limnephilidae); jedan iz reda Hymenoptera sa vrstom *Agriotypus armatus* Curtis, 1832, prvi put registrovana na Balkanu.

- Intenzitet uticaja pastrmskih ribnjaka određena je preko abiotičke i biotičke komponente vodenih ekosistema. Abiotička komponenta je podrazumevala analizu fizičkih i hemijskih parametara vode, kao i odnos produkcije ribe u tonama prema protoku vode u sušnom delu godine (P_r/Q_{\min}). Biotička komponenta je obuhvatila analizu zajednica makrozoobentosa na kontrolnim lokalitetima i lokalitetima ispod ribnjaka, korišćenjem metričkih osobina zajednica makroinvertebrata pomoću 46 različitih biotičkih parametara.
- Odnos produkcije riba u tonama prema protoku vode u sušnom delu godine (P_r/Q_{\min}) predstavlja pouzdanu meru za procenu uticaja pastrmskih ribnjaka na recipijent. Opseg uticaja ribnjaka na istraživane tekućice kretao se od 25 t/ ms⁻¹ u reci Studenici do 422 t/ms⁻¹ u Radovanskoj reci.
- U cilju dobijanja informacija o tome koji se fizički i hemijski parametri vode najviše menjaju između kontrolnog lokaliteta i prvog lokaliteta neposredno ispod ribnjaka, izvršena je kvalitativna analiza i analiza glavnih komponenti (PCA) koje su dale identične rezultate. Najosetljiviji parametri koji su se menjali pod uticajem ribnjaka jesu: nagomilavanje mulja u podlozi, porast koncentracije jonizovanog amonijaka i njegove nejonizovane frakcije, pad koncentracije rastvorenog kiseonika, porast pH, kao i blagi porast koncentracije ortofosfata i ukupnih fosfata, koji nije premašivao vrednosti od 0,2 mg/l propisane za salmonidne vode (TEPCD, 2006).
- U odnosu na intenzitet efekta pastrmskih ribnjaka na recipijent, prema kompleksu izmerenih abiotičkih faktora kao i na osnovu P_r/Q_{\min} vrednosti, ustanovljeno je da najveći uticaj na recipijent ima pastrmski ribnjak na Radovanskoj reci, a najmanji na reci Vrli.
- Za utvrđivanje uticaja pastrmskih ribnjaka na biotičku komponentu ekosistema, kao u slučaju abiotičkih parametara, izvršena je kvalitativna analiza i analiza glavnih komponenti biotičkih parametara poređenjem kontrolnih lokaliteta i prvog lokaliteta nizvodno od ribnjaka, kako bi se ustanovila osetljivost analiziranih parametara. Obe analize dale su slične rezultate koje ukazuju na osetljivost sledećih parametara: relativna brojnost i diverzitet familije Chironomidae, FBI indeks, saprobni indeks po Zelinki i Marvanu i MASPT_{ar} indeks.

- Uticaj pastrmskih ribnjaka ogledao se i kroz promenu u trofičkoj strukturi zajednica makrozoobentosa. Ove promene prate koncept rečnog koontinuma (Vannote *et al.*, 1980), ukazujući da pastrmski ribnjaci nizvodno izazivaju potamološki efekat na trofičku strukturu zajednica makrozobentosa, što je pokazao i RIZI indeks. Na lokalitetima nizvodno od ribnjaka dolazi do statistički značajnog porasta u zastupljenosti sakupljača, sakupljača žetelaca i pada sekača. Takođe, indeks zasnovan na odnosu ukupnih sakupljača i sekača, pokazao je osetljivost.
- U odnosu na broj parametara koji su se statistički značajno izmenili pod uticajem ribnjaka pokazano je da je na Radovanskoj reci, kao i slučaju abiotičkih parametara, u najvišoj meri izražen efekat ribnjaka na zajednice makrozoobentosa. Najmanji efekat konstatovan je na rekama Vrli, Rasini i Studenici. Reku Mlavu karakterišu najmanje amplitude promene biotičkih faktora, dok se po amplitudi promene abiotičkih parametara i P_r/Q_{min} nalazi odmah iza Radovanske reke. Ovo odstupanje posledica je specifičnog sastava izvorske zajednice makrozoobentosa na kontrolnom lokalitetu reke Mlave.
- Kako bi se utvrdila veza između promena u abiotičkim parametrima sa promenama u sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa pod uticajem ribnjaka, rezultati dve PCA analize, kojima su nezavisno ispitivani međudnosi između amplitude promena biotičkih i abiotičkih parametara, analizirane su zajedno, koristeći ko-inercionu analizu (CIA). Analiza koinercije potvrdila je da abiotički faktori koji su pokazali najveću osetljivost na efekte ribnjaka istovremeno imaju i najveći uticaj na promene u sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa nizvodno od ribnjaka.
- Uticaji pastrmskih ribnjaka praćeni su sa stanovišta enzima antioksidativnog stresa kod larvi plekoptera vrste *Dinocras megacephala*. Praćena su dva glavna enzima antioksidativne odbrane kod ove vrste, superoksid dismutaza (SOD) i katalaza (CAT). Istraživanja su obavljena na dva kontrolna lokaliteta i dva lokaliteta ispod pastrmskog ribnjaka u reci Raškoj.
- Konstatovan je značajan porast aktivnosti superoksid dismutaze na lokalitetima ispod ribnjaka u poređenju sa prvim kontrolnim lokalitetom (RŠ1; $F=10,13$; $p<0,005$). Isti trend primećen je i uslučaju katalaze ($F = 14,92$; $p<0,005$),

ukazujući da organsko opterećenje sa ribnjaka evidentno indukuje oksidativni stres kod larvi *D. megacephala*.

- Rezultati istraživanja na larvama *D. megacephala* ukazuju da su promene u sredinskim parametrima na lokalitetima nizvodno od ribnjaka (kao što su porast koncentracije amonijaka i smanjena koncentracija kiseonika) u korelaciji sa promenama antioksidativne odbrane kod larvi ove vrste, koja se upravo ogleda u povećanoj aktivnosti SOD i CAT enzima.
- Poseban akcenat u ovim istraživanjima stavljen je na morfološku i molekularnu analizu larvi roda *Baetis* (Insecta, Ephemeroptera), koje dominiraju u uzorcima efemeroptera (Bauernfeind & Soldán, 2012), a sa stanovišta biomonitoringa čine vrlo informativnu grupu. Morfološkim analizama potvrđeno je prisustvo sedam vrsta iz devet istraživanih tekućica, unutar tri podroda: *Baetis (Baetis) alpinus*, *Baetis (Baetis) melanonyx*, *Baetis (Baetis) scambus*, *Baetis (Baetis) lutheri*, *Baetis (Baetis) vernus*, *Baetis (Nigrobaetis) muticus* (*gracilis* grupa vrsta) i *Baetis (Rhodobaetis) rhodani*.
- Morfološka analiza je podrazumevala pravljenje serije mikroskopskih preparata, u cilju praćenja 13 bitnih merističkih karaktera koji omogućavaju identifikaciju vrsta larvi roda *Baetis*. Na osnovu pregledanih taksona (i prikazanog diskriptivnog taksonomskog ključa) generalni zaključak jeste da je za što uspešniju determinaciju larvi naročitu pažnju potrebno obratiti na sledeće karaktere: izgled mandibula i labijalnih palpa, površina tergita i paraprokta. Na ovim strukturama prati se njihov oblik ili broj zubića, a pre svega tip i raspored čekinja i njihovih osnova.
- Ukupno 11 jedinki larvi vrsta, koje su na osnovu morfoloških karaktera determinisane kao *Baetis alpinus*, *B. vernus*, *B. lutheri*, *B. fuscatus* grupa i *B. melanonyx*, analizirano je molekularnim metodama umnožavanjem barkoding regiona mitohondrijalne DNK. Poređenjem sa referentnim sekvencama iz svetskih baza podataka, potvrđen je status vrsta *Baetis alpinus*, *B. melanonyx* i *B. lutheri*. Predstavnici *fuscatus* i *vernus* grupe determinisani su prvo do grupe vrsta, da bi morfološkim analizama, uz potvrdu molekularnih analiza, potvrđeno da se radi o vrstama *B. scambus* i *B. vernus*.

- Molekularnim istraživanjima pokazano je da su sekvence barkoding regiona identične u okviru *Baetis alpinus* vrste iz populacija sa reke Trešnjice i Rače. Međutim, morfološkim analizama jedinki iz populacija sa Radovanske reke i Vrle uočene su interesantne morfološke strukture, nesvojstvene *alpinus* grupi, koje mogu ukazati na postojanje kriptičkih taksona.
- Uzimajući u obzir rezultate dosadašnjih istraživanja, za taksonomsku karakterizaciju mnogih grupa akvatičnih insekata, koji najčešće imaju dve nezavisne faze razvića (u vodi i na kopnu), uključujući i rod *Baetis*, najbolje je primeniti integrativni pristup. To bi podrazumevalo pored korišćenja definisanih morfoloških karaktera za razlikovanje između vrsta i uključivanje metoda DNK barkodinga, čime je moguće sagledati postojanje potencijalnih kriptičkih taksona.

7. LITERATURA

- Adamek, Z., & Sukop, I. (1996). The impacts of trout farm discharges on benthic community structure in a small karstic stream. *Acta Universitatis Carolinae Biologica*, 40, 3-17.
- Ahmad, I., Coelho, J. P., Mohmood, I., Pacheco, M., Santos, M. A., Duarte, A. C., & Pereira, E. (2011). Immunosuppression in the infaunal bivalve *Scrobicularia plana* environmentally exposed to mercury and association with its accumulation. *Chemosphere*, 82(11), 1541-1546.
doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.11.064
- Ahmad, I., Hamid, T., Fatima, M., Chand, H. S., Jain, S. K., Athar, M., & Raisuddin, S. (2000). Induction of hepatic antioxidants in freshwater catfish (*Channa punctatus* Bloch) is a biomarker of paper mill effluent exposure. *Biochimica et Biophysica Acta: General Subjects*, 1523(1), 37-48.
doi: 10.1016/S0304-4165(00)00098-2
- Allan, J. D. (1995). *Stream Ecology*. London, UK: Chapman & Hall.
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: structure and function of running waters (2nd edition)*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th edition)*. Washington, DC, USA: American Public Health Association.
- Atanacković, A., Đikanović, V., Tubić, B., Vasiljević, B., Pantović, N., & Vranković, J. (2010). *Water quality evaluation of the Kolubara River Basin (Serbia) based on aquatic macroinvertebrates*. In: *Balkans Regional Young Water Professionals Conference*. (pp. 77-79). Belgrade, Serbia: International Water Association, & Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi", 29-30 April 2010.
- Axler, R. P., Tikkanen, C., Henneck, J., Schuldt, J., & McDonald, M. (1997). Characteristics of effluent and sludge from two commercial rainbow trout farms in Minnesota. *The Progressive Fish-Culturist*, 59(2), 161-172.
doi: 10.1577/1548-8640(1997)059<0161:ACOEAS>2.3.CO;2
- Bain, M. B., Harig, A. L., Loucks, D. P., Goforth, R. R., & Mills, K. E. (2000). Aquatic ecosystem protection and restoration: advances in methods for assessment and

- evaluation. *Environmental Science & Policy*, 3(Supplement 1), 89-98.
doi: 10.1016/S1462-9011(00)00029-0
- Ball, S. L., Hebert, P. D. N., Burian, S. K., & Webb, J. M. (2005). Biological identifications of mayflies (Ephemeroptera) using DNA barcodes. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 508–24.
- Balloch, D., Davies, C. E. & Jones, F. H. (1976). Biological assessment of water quality in three British rivers: the North Esk (Scotland), the Ivel (England) and the Taf (Wales). *Water Pollution Control*, 75, 92–114.
- Baračkov, Z. (1973). *Ekološka proučavanja naselja dna Grošničke reke*. Magistarska teza. Kragujevac: Prirodno-matematički fakultet u Kragujevcu.
- Barber-James, H. M., Gattolliat, J. –L., Sartori, M., & Hubard, M. D. (2008). Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 339-350. doi: 10.1007/s10750-007-9028-y
- Barbour, M. T., Plafkin, J. L., Bradley, B. P., Graves, C. G., & Wisseman, R. W. (1992). Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: metric redundancy and variability among reference stream sites. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11(4), 437-449. doi: 10.1002/etc.5620110401
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B., & Stribling, J. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition*. Washington D.C.
- Barim, O., & Karatepe, M. (2010). The effects of pollution on the vitamins A, E, C, b carotene contents and oxidative stress of the freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(2), 138–142.
doi: 10.1016/j.ecoenv.2009.08.002
- Bartoli, M., Nizzoli, D., Longhi, D., Laini, A., & Viaroli, P. (2007). Impact of a trout farm on the water quality of an Apennine creek from daily budgets of nutrients. *Chemistry and Ecology*, 23(1), 1-11. doi: 10.1080/02757540601084003
- Bauernfeind, E., & Humpesch, U. H. (2001). *Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie*. Wien, Austria: Verlag des Naturhistorischen Museums.
- Bauernfeind, E., & Soldan, T. (2012). *The Mayflies of Europe (Ephemeroptera)*. Ollerup, Denmark: Apollo Books.

- Beauchamp, C., & Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44(1), 276-287. doi: 10.1016/0003-2697(71)90370-8
- Bennett, A. M. R. (2008). Global diversity of hymenopterans (Hymenoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 529–534. doi: 10.1007/s10750-007-9036-y
- Bergheim, A., & Brinker, A. (2003). Effluent treatment for flow through systems and European environmental regulations. *Aquacultural Engineering*, 27(1), 61-77. doi: 10.1016/S0144-8609(02)00041-9
- Bergheim, A., Hustveit, H., Kittelsen, A., & Selmer-Olsen, A. R. (1984). Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigations 1980–1981. *Aquaculture*, 36(1), 157-168. doi: 10.1016/0044-8486(84)90061-9
- Beutel, R. G., & Gorb, S. N. (2001). Ultrastructure of attachment specializations of hexapods (Arthropoda): evolutionary patterns inferred from a revised ordinal phylogeny. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 39, 177-207. doi: 10.1046/j.1439-0469.2001.00155.x
- Beutler, E. (1982). Catalase. In *Red cell metabolism: A manual of biochemical methods*. ed. E. Beutler, (pp. 105-106). Philadelphia, USA: Grune and Stratton.
- Bjelanović, K., Živić, I., Dulić, Z., Živić, M., Đorđević, J., Marinković, S., & Marković, Z. (2013). Water quality assessment in the Raška river based on zoobenthos and zooplankton organisms as bioindicators. In: *Conference proceedings VI International conference "Water & Fish"*. (pp. 349-357). Belgrade, Serbia: Faculty of Agriculture, University of Belgrade, 12 – 14 June 2013.
- Bjelanović, K. (2009). *Makrozoobentos izvora i potoka užeg područja Avale*. Diplomski rad. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Bjelanović, K., Živić, I., Petrović, A., Đorđević, J., Marković, Z., & Žikić, V. (2014). *Agriotypus armatus* Curtis, 1832, a parasitoid of *Silo pallipes* Fabricius, 1781: the first record for the Balkan Peninsula. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 414, 05p1-p9. doi: 10.1051/kmae/2014016
- Boaventura, R., Pedro, A. M., Coimbra, J., & Lencastre, E. (1997). Trout farm effluents: Characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution*, 95(3), 379-387. doi: 10.1016/S0269-7491(96)00117-0
- Bogut, I., Horváth, L., Adámek, Z., & Katavić, I. (2006). *Ribogojstvo*. Osijek, Hrvatska:

Sveučilište J. J. Strossmajera u Osijeku, Sveučilište u Mostaru i Sveučilište u Splitu.

- Bonada, N., Prat, N., Rash, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, *51*, 495-523.
doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151124
- Boyero, L., & Bailey, R. C. (2001). Organization of macroinvertebrate communities at a hierarchy of spatial scales in a tropical stream. *Hydrobiologia*, *464*(1), 219-225.
doi: 10.1023/A:1013922307096
- Boudreaux, H. B. (1979). *Arthropod phylogeny with special reference to insects*. Chichester, London, New York: John Wiley and Sons.
- Boulton, A. J. (2003). Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology*, *48*, 1173–1185.
doi: 10.1046/j.1365-2427.2003.01084.x
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantity of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*, 248-254.
- Brinkhurst, R. O., & Jamieson, B. G. (1971). *Aquatic Oligochaeta of the World*. Edinburg: Oliver-Boyd.
- Brittain, J. E., & Sartori, M. (2003). Ephemeroptera (Mayflies). In *Encyclopedia of Insects*. eds. V. H. Resh & R. T. Cardé, (pp. 373-380). Amsterdam, Netherlands: Academic Press.
- Brown, S., & Goulder, R. (1996). Extracellular-enzyme activity in trout-farm effluents and a recipient river. *Aquaculture Research*, *27*(12), 895-901.
doi: 10.1046/j.1365-2109.1996.t01-1-00818
- Brown, S., & Goulder, R. (1999). Change in riverine epilithic extracellular enzyme activity in response to fish farm effluent. *Letters in Applied Microbiology*, *29*(6), 385-388. doi: 10.1046/j.1472-765X.1999.00650.x
- Buffagni, A., Cazzola, M., Lopez-Rodriguez, M. J., Alba-Tercedor, J., & Armanini, D. G. (2009). *Ephemeroptera. Distribution and ecological preferences of european freshwater organisms. Volume 3*. Sofia–Moskow: Pensoft.
- Bureau, D. P., & Cho, C. Y. (1999). Phosphorus utilization by rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*): estimation of dissolved phosphorus waste output. *Aquaculture*, 179(1–4), 127-140. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00157-X
- Camargo, J. A. (1992a). Structural and trophic alterations in macrobenthic communities downstream from a fish farm outlet. *Hydrobiologia*, 242(1), 41-49. doi: 10.1007/BF00017642
- Camargo, J. A. (1992b). Temporal and spatial variations in dominance, diversity and biotic indices along a limestone stream receiving a trout farm effluent. *Water, Air, and Soil Pollution*, 63(3), 343-359. doi: 10.1007/bf00475501
- Camargo, J. A. (1994). The importance of biological monitoring for the ecological risk assessment of freshwater pollution: A case study. *Environment International*, 20(2), 229-238. doi: 10.1016/0160-4120(94)90140-6
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831-849. doi: 10.1016/j.envint.2006.05.002
- Camargo, J. A., & Gonzalo, C. (2007). Physicochemical and biological changes downstream from a trout farm outlet: comparing 1986 and 2006 sampling surveys. *Limnetica*, 26(2), 405-414.
- Camargo, J. A., Gonzalo, C., & Alonso, Á. (2011). Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators*, 11(3), 911-917. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.10.001
- Cardoni, S., Tenchini, R., Ficulle, I., Piredda, R., Simeone, M. C., & Belfiore, C. (2013). DNA barcode assessment of Mediterranean mayflies (Ephemeroptera), benchmark data for a regional reference library for rapid biomonitoring of freshwaters. *Biochemical Systematics and Ecology*, 62, 36-50. doi: 10.1016/j.bse.2015.07.035
- Cardoni, S., Tenchini, R., Ficulle, I., Piredda, R., Simeone, M. C., & Belfiore, C. (2015). DNA barcode assessment of Mediterranean mayflies (Ephemeroptera), benchmark data for a regional reference library for rapid biomonitoring of freshwaters. *Biochemical Systematics and Ecology*, 62, 36-50. doi: 10.1016/j.bse.2015.07.035

- Cardoni, S., Tenchini, R., Simeone, M. C., Piredda, R., & Belfiore, C. (2016). DNA barcoding of Italian Ephemeroptera: focus on taxonomic and faunistical issues. *Unpublished data available on National Center for Biotechnology Information (NCBI) Nucleotide database*, (Assessed 04. February 2017). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>
- Carr, O. J., & Goulder, R. (1990a). Fish-farm effluents in rivers—I. Effects on bacterial populations and alkaline phosphatase activity. *Water Research*, *24*(5), 631-638. doi: 10.1016/0043-1354(90)90196-D
- Carr, O. J., & Goulder, R. (1990b). Fish-farm effluents in rivers—II. Effects on inorganic nutrients, algae and the macrophyte *Ranunculus penicillatus*. *Water Research*, *24*(5), 639-647. doi: 10.1016/0043-1354(90)90197-E
- Carter, J. L., Resh, V. H., Rosenberg, D. M., & Reynoldson, T. B. (2006). Biomonitoring in North American rivers: a comparison of methods used for benthic macroinvertebrates in Canada and the United States. In: *Biological Monitoring of Rivers*, eds. G. Ziglio, G. Flaim, & M. Sillgardi, (pp. 203–228). New York, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Chesters, R. (1980). Biological monitoring working party. The 1978 National Testing Exercise. *Department of the Environment Water Data Unit, Technical memorandum*, *19*, 1-37.
- Clements, W. H., Arnold, J. L., Koel, T. M., Daley, R., & Jean, C. (2011). Responses of benthic macroinvertebrate communities to natural geothermal discharges in Yellowstone National Park, USA. *Aquatic Ecology*, *45*(1), 147-149. doi: 10.1007/s10452-010-9342-8
- Clifford, H. F. (1991). *Aquatic invertebrates of Alberta*. Edmonton, Alberta, Canada: University of Alberta Press.
- Cripps, S. J., & Bergheim, A. (2000). Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, *22*(1), 33-56. doi: 10.1016/S0144-8609(00)00031-5
- Cummins, K. (1974). Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, *24*(11), 631-641. doi: 10.2307/1296676
- Cummins, K. (1988). Rapid bioassessment using functional analysis of running water invertebrates. *Paper presented at the Proceedings of the First National*

- Workshop on Biological Criteria, EPA-905/9-89/003*. Chicago, USA: US Environmental Protection Agency.
- Cummins, K. (1992). Catchment characteristics and river ecosystems. In: *River Conservation and Management*. eds. P. J. Boon, P. Calow, & G. E. Petts, (pp. 125-136). Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Cushing, C. E., & Allan, D. J. (2001). *Streams: their ecology and life*. San Diego, California, USA: Academic Press.
- CWA (1977). *Clean Water Act: Federal Water Pollution Control Act*. US Government, 27 December 1977.
- Ćirić, M. (2006). *Diverzitet organizama makrozoobentosa brdsko-planinskih potoka i reka Srbije u tri zoogeografske oblasti limnofaune Evrope*. Diplomski rad. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Ćirković, M., Jovanović, B., & Maletin, S. (2002). *Ribarstvo: biologija – tehnologija – ekologija – ekonomija*. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet.
- Dale, V. H., & Beyeler, S.C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1), 3-10.
doi: 10.1016/S1470-160X(01)00003-6
- Daniel, H., Bernez, I., Haury, J., & Le Coeur, D. (2005). The ability of aquatic macrophytes to assess fish farm pollution in two salmon rivers. *Hydrobiologia*, 551(1), 183-191. doi: 10.1007/s10750-005-4460-3
- Dimitrijević, Lj., Radivojević, A., & Golubović, N. (2007). Kvalitet vode reke Rasine nizvodno od akumulacije „Ćelije“. *Journal of the Geographical Institute „Jovan Cvijić“, SASA*, 57, 393-398. doi: 10.2298/IJGI0757393D
- Dolédec, S., & Chessel, D. (1994). Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology*, 31(3), 277-294. doi: 10.1111/j.1365-2427.1994.tb01741.x
- Doughty, C. R., & McPhail, C. D. (1995). Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. *Aquaculture Research*, 26(8), 557-565. doi: 10.1111/j.1365-2109.1995.tb00946.x
- Dray, S., Chessel, D., & Thioulouse, J. (2003). Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. *Ecology*, 84(11), 3078-3089. doi: 10.1890/03-0178
- Drotz, M. K., Savolainen, E., Saura, A., & Ståhls, G. (2012). The genetic population

- structure of lotic and lentic mayflies of the *Baetis vernus* group (Ephemeroptera: Baetidae). *The Canadian Entomologist*, *144*, 679-690. doi: 10.4039/tce.2012.69
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, C. A., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, *81*(2), 163-182. doi: 10.1017/S1464793105006950
- Dukić, D. (1951). Gustina rečne mreže u slivu Ibra i režim Ibra. *Zbornik radova SAN, VIII, Geografski institut, 1*, 37-84.
- Dzioc, F., Henle, K., Foeckler, F., Follner, K. & Scholz, M. (2006). Biological indicator systems in floodplains – a review. *International Review of Hydrobiology*, *91*(4), 271-291. doi: 10.1002/iroh.200510885
- Deković, V., Gajić, G., Anđelković, A., Milošević, N., & Kernalis, J. (2010). The water quality in the basin of Vrla River and its impact on the environmental quality. In: *1st Serbian Forestry Congress – Future with Forests*. (pp. 1054-1065). Belgrade, Serbia: Faculty of Forestry University of Belgrade, 11-13 November 2010.
- Dikanović, V., Jakovčev-Todorović, D., Nikolić, V., Paunović, M., & Cakić, P. (2008). Qualitative composition of communities of aquatic macroinvertebrates along the course on the Golijska Moravica River. *Archives of Biological Science*, *60*(1), 133-144. doi: 10.2298/ABS0801133D
- Duknić, J., Bjelanović, K., Durutović, A., & Jovanović, V. (2010). Ecological Survey of Macroinvertebrate Communities in the Vreška Padina and the Ivanštica Rivers (Eastern Serbia). In: *Balkan Water Observation and Information System Conference (BALWOIS)*. (pp.1-12). Ohrid, Macedonia: Balkan Institute for water and environment (IB2E), Macedonian Meteorological Association (METEO-MAK) & the University St Cyril and Methodius of Skopje, 25-29 May 2010.
- Edington, J. M., & Hildrew, A. G. (1981). *A key to the caseless caddis larvae of the British isles: with notes on their ecology*. Ambleside: Freshwater Biological Association.
- Edmunds, G. F. Jr., & Edmunds, C. H. (1980). Predation, climate, and emergence and

- mating of mayflies. In: *Advances in Ephemeroptera Biology*. eds. J. F. Flannagan & K. E. Marshall, (pp. 277-285). New York & London: Plenum Press.
- Edmunds, G. F. Jr., & McCafferty, W. P. (1988). The mayfly subimago. *Annual Review of Entomology*, 33, 509–529. doi: 10.1146/annurev.en.33.010188.002453
- Eminović, I. (1990). *Utjecaj uzgoja kalifornijske pastrve na neke fizičko – kemijske i mikrobiološke karakteristike vode rijeke Raške*. Magistarski rad. Zagreb: Postdiplomski studij iz prirodnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Biologija (Mikrobiologija).
- Estevez, E., Rodríguez-Castillo, T., Álvarez-Cabria, M., Penas, F. J., González-Ferreras, A. M., Lezcano, M., & Barquín, J. (2017). Analysis of structural and functional indicators for assessing the health state of mountain streams. *Ecological Indicators*, 72, 553-564. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.08.052
- Fabrizi, A., Goretti, E., Compin, A., & Céréghino, R. (2010). Influence of fish farming on the spatial patterns and biological traits of river invertebrates in an Appenine stream system (Italy). *International Review of Hydrobiology*, 95, 410-427. doi: 10.1002/iroh.201011207
- FAO (2005-2017). Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oncorhynchus mykiss*. In *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Ažurirano 15. juna 2005. [Pristupljeno 3. februara 2017], http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss.
- Filipović, D. (1954). Ispitivanje živog sveta tekućih voda Srbije. I Prilog poznavanju naselja planinskog potoka Katušnice (Zapadna Srbija). *Zbornik radova Srpske Akademije Nauka, Institut za ekologiju i biogeografiju*, 5(8), 117-133.
- Filipović, D. (1957). Limnološka i biogeografska problematika malih tekućica u Jugoslaviji. *Biološki institut NR Srbije, Zbornik radova*, 1(2), 4-14.
- Filipović, D. (1962). Izvesne osobnosti izvorskih naselja na Kopaoniku. *II Kongres biologa Jugoslavije, Knjiga plenarnih referata i rezimea naučnih saopštenja*, 181.
- Filipović, D. (1965). *Dinamika i ekologija ekosistema Lisinskog potoka na Kopaoniku*. Doktorska disertacija, Beograd: PMF.

- Filipović, D. (1966). Limnološka karakteristika izvorskog regiona Lisinskog potoka na Kopaoniku. *Arhiv Bioloških Nauka*, 18(3-4), 325-337.
- Filipović, D. (1969a). Biocenološka istraživanja jednog salmoidnog potoka Balkanskih planina (Srbija). *Ekologija (Beograd)*, 4(1), 61-90.
- Filipović, D. (1969b). Faunistički sastav izvorskog regiona Crnog Timoka i njegove karakteristike. *III Kongres biologov Jugoslavije, Knjiga plenarnih referatov in pouzetkov, Ljubljana*.
- Filipović, D. (1975). Fauna Ephemeroptera SR Srbije. *Zbornik radova o entomofauni SR Srbije, 1*, 211-219.
- Finn, D. S., Bonada, N., Múrria, C., & Hughes, J. M. (2011). Small but mighty: headwaters are vital to stream network biodiversity at two levels of organization. *Journal of the North American Benthological Society*, 30(4), 963-980. doi: 10.1899/11-012.1
- Finn, D. S., Khamis, K., & Milner, A.M.. (2013). Loss of small glaciers will diminish beta diversity in Pyrenean streams at two levels of biological organization. *Global Ecology and Biogeography*, 22(1), 40–51. doi: 10.1111/j.1466-8238.2012.00766.x
- Finn, D. S., Zamora-Muñoz, C., Múrria, C., Sáinz-Bariáin, M., & Alba-Tercedor, J. (2014). Evidence from recently deglaciated mountain ranges that *Baetis alpinus* (Ephemeroptera) could lose significant genetic diversity as alpine glaciers disappear. *Freshwater Science*; 33(1), 207–216. doi: 10.1086/674361
- Folmer, O., Black. M., Hoeh. W., Lutz, R. & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3(5), 294–299.
- Foy, R. H., & Rosell, R. (1991). Fractionation of phosphorus and nitrogen loadings from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 96(1), 31-42. doi: 10.1016/0044-8486(91)90137-V
- Gaino, E., & Reborá, M. (1999). Flat-tipped sensillum in Baetidae (Ephemeroptera): a microcharacter for taxonomic and phylogenetic considerations. *Invertebrate Biology*, 118(1), 68-74. doi: 10.2307/3226914
- Gattolliat, J. -L., Cavallo, E., Vuataz, L., & Sartori, M. (2015). DNA barcoding of

- Corsican mayflies (Ephemeroptera) with implications on biogeography, systematics and biodiversity. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 73(1), 3–18.
- Gattolliat, J. –L., & Nieto, C. (2009). The family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera): synthesis and future challenges. In: *International Perspectives in Mayfly and Stonefly Research. Proceedings of the 12th International Conference on Ephemeroptera and the 16th International Symposium on Plecoptera*. ed. A. H. Staniczek. *Aquatic Insects*, 31(Supplement 1), 41-62.
doi: 10.1080/01650420902812214
- Gavrilović, L., & Dukić, D. (2002). *Reke Srbije*. Beograd, Srbija: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Glöer, P., & Meier-Brook, C. (1998). *Süßwassermollusken: ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland*. Hamburg, Germany: Deutscher Jugendbuch für Naturbeobachtung.
- Godunko, R. J., Prokopov, G. A., Kluge, N. J., & Novikova, E. A. (2004). Mayflies of the Crimean Peninsula. II. *Baetis braaschi* ZIMMERMANN, 1980 (= *B. stipposus* KLUGE, 1982 syn. n.) (Ephemeroptera: Baetidae). *Acta Zoologica Cracoviensia*, 47(3-4), 155-166. doi: 10.3409/173491504783995807
- Gomi, T., Sidle, R. C., & Richardson, J. S. (2002). Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*, 52(10), 905-916.
doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0905:UPADLO]2.0.CO;2
- Guilpart, A., Roussel, J.-M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., & Le Bris, H. (2012). The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. *Ecological Indicators*, 23, 356-365. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.04.019
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 35(5), 1147-1150. doi: 10.1042/BST0351147
- Hatami, R., Mahboobi Soofiani, N., Ebrahimi, E., & Hemami, M. (2011). Evaluating the aquaculture effluent impact on macroinvertebrate community and water quality using BMWP index. *Journal of Environmental Studies*, 37(59), 13.
- Hauer, F. R., Stanford, J. A., Giersch, J. J., & Lowe, W. H. (2000). Distribution and abundance patterns of microinvertebrates in a mountain stream: An analysis along multiple environmental gradients. *Verhandlungen der Internationalen für*

- Theoretische und Angewandte Limnologie*, 27, 1485-1488.
- Hawkes, H. A. (1975). River zonation and classification. In: *River Ecology*. ed. B. A. Whitton, (pp. 312-374). Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications.
- Hawkes, H. A. (1979). Invertebrates as indicators of river water quality. In: *Biological Indicators of Water Quality*. eds. A. James & L. Evison, (Chapter 2, pp. 1-45). Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Haybach, A. (1998). *Die Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera) von Rheinland Pfalz. Zoogeographie, Faunistik, Ökologie, Taxonomie und Nomenklatur. Unter besonderer Berücksichtigung der Familie Heptageniidae und unter Einbeziehung der übrigen aus Deutschland bekannten Arten*. Dissertation. Mainz, Germany: Johannes-Gutenberg-Universität.
- Haybach, A. (2010). Catalogue of the mayflies of Germany, Austria and Switzerland and their synonyms (Insecta, Ephemeroptera). *Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv*, 32, 1-76.
- Hayslip, G.A. (1993). *EPA Region 10 in-stream biological monitoring handbook (for wadable streams in the Pacific Northwest)*. Seattle, Washington USA: U. S. Environmental Protection Agency-Region 10, Environmental Services Division. EPA-910-9-92-013.
- Hegazi, M. M., Attia, Z. I., & Ashour, O. A. (2010). Oxidative stress and antioxidant enzymes in liver and white muscle of Nile tilapia juveniles in chronic ammonia exposure. *Aquatic Toxicology*, 99(2), 118–125.
doi: 10.1016/j.aquatox.2010.04.007
- Hellawell, J. M. (2012). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*: Springer Science & Business Media.
- Hickin, N. (1967). *Caddis larvae: Larvae of the British Trichoptera*. London, UK: Hutchinson.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(1), 65-68. doi: 10.2307/1467832
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56, 275-370.

- doi: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2
- Hose, G., Turak, E., & Waddell, N. (2004). Reproducibility of AUSRIVAS rapid bioassessments using macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(1), 126-139.
- doi: 10.1899/0887-3593(2004)023<0126:ROARBU>2.0.CO;2
- Hovmöller, R., Pape, T., & Källersjö, M. (2002). The Paleoptera problem: basal phylogeny inferred from 18S and 28S rDNA sequences. *Cladistics*, 18(3), 313-323. doi: 10.1111/j.1096-0031.2002.tb00153.x
- Hrabě, S. (1979). Vodní máloštětinatci (Oligochaeta) Československa. *Acta Universitatis Carolinae Biologica*, 1-2.
- Hubbard, M. (1979). Genera and subgenera of recent Ephemeroptera. *Eatonia*, 2, 1-8.
- Hughes, B. D. (1978). The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates in streams. *Water Research*, 12(5), 359-364. doi: 10.1016/0043-1354(78)90124-0
- Hughes, J. M., Mather, P. B., Hillyer, M. J., Cleary, C., & Peckarsky, B. (2003). Genetic structure in a montane mayfly *Baetis bicaudatus* (Ephemeroptera: Baetidae), from the Rocky Mountains, Colorado. *Freshwater Biology*, 48(12), 2149-2162. doi: 10.1046/j.1365-2427.2003.01150.x
- Hughes, R., Paulsen, S., & Stoddard, J. (2000). EMAP-Surface Waters: a multi-assemblage, probability survey of ecological integrity in the USA. *Hydrobiologia*, 422, 429-443.
- doi: 10.1023/A:1017029107669
- Hynes, H. B. N. (1979). *The ecology of running waters*. Toronto, Canada: University of Toronto Press.
- Ikonomov, P. (1962). Baëtidae (Ephemeroptera) na Makedonija. *Godišnjik Prirodno-matematičkog fakulteta na Univerzitetot Skoplje, Biologija*, 13, 83-140.
- Illies, J. (1978). *Limnofauna Europaea: Eine Zusammenstellung aller die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie (Zweite, überarbeitete und ergänzte Auflage)*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag.
- Imanpour Namin, J., Sharifinia, M., & Bozorgi Makrani, A. (2013). Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River

- (north Iran). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 11(1), 29-39.
- Jacob, U. (2003). Baetis Leach 1815, sensu stricto oder sensu lato. Ein Beitrag zum Gattungskonzept auf der Grundlage von Artengruppen mit Bestimmungsschlüsseln. *Lauterbornia*, 47, 59-129.
- Janković, D. (2009). *Reka Studenica: ekološka i hidrofauistička studija*. Posebno izdanje SANU, knjiga 667, Odeljenje hemijskih i bioloških nauka, knjiga 6.
- Jevtić, Lj. (1999). *Glavni projekt pastrmskog ribnjaka Manastira Rača*. Valjevo: dr Ljubiša Jevtić.
- Johnson, R. K. (1998). Spatiotemporal variability of temperate lake macroinvertebrate communities: detection of impact. *Ecological Applications*, 8(1), 61-70.
doi: 10.2307/2641311
- Jović, A., Paunović, M., Stojanović, B., Milošević, S., & Nikolić, V. (2006). Aquatic invertebrates of the Ribnica and Lepenica rivers: Composition of the community and water quality. *Archives of Biological Sciences*, 58(2), 115-119.
doi: 10.2298/ABS0602115J
- Karr, J. R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6(6), 21-27. doi: 10.1577/1548-8446(1981)006<0021:AObIUF>2.0.CO;2
- Kazlauskas, R. S. (1972). Neues über das System der Eintagsfliegen der Familie Baetidae (Ephemeroptera). *Proceedings 13th International Congress of Entomology* (Moskow: 2-9 August 1968), 3, 337-338.
- Kendra, W. (1991). Quality of salmonid hatchery effluents during a summer low-flow season. *Transactions of the American Fisheries Society*, 120(1), 43-51.
doi: 10.1577/1548-8659(1991)120<0043:QOSHED>2.3.CO;2
- Kerans, B., & Karr, J. R. (1994). A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications*, 4(4), 768-785. doi: 10.2307/1942007
- Kırkağaç, M. U., Pulatsü, S., & Köksal, G. (2004). Effects of land-based trout farms on the benthic macroinvertebrate community in a turkish brook. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 56(1), 59-67.
- Kırkağaç, M. U., Pulatsu, S., & Topcu, A. (2009). Trout farm effluent effects on water sediment quality and benthos. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 37(4-5), 386-391.
doi:10.1002/clen.200800212

- Kluge, N. J. (2004). *The phylogenetic system of Ephemeroptera*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Knoben, R.A.E., Roos, C., & Van Oirschot, M.C.M. (1995). Biological Assessment Methods for Watercourses. *UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment, Volume 3. Working programme 1994/1995*. Lelystad, Netherlands: October 1995.
- Koçer, M. A. T., & Sevgili, H. (2014). Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators, 36*, 672-681. doi: 10.1016/j.ecolind.2013.09.034
- Kohen, R., & Nyska, A. (2002). Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology, 30*(6), 620-650. doi: 10.1080/01926230290166724
- Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1909). Ökologie der tierischen Saprobien: Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 2*(1-2), 126-152. doi: 10.1002/iroh.19090020108
- Konar, M., & Köstenberger, W. (2002). Zur kenntnis und verbreitung der Perlidae (Plecoptera) in Kärnten. *Carinthia II, 192*, 531-540.
- Konishi K. (1994). A New Species of the Genus *Agriotypus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) from Japan. *Japanese Journal of Entomology, 62*(3), 421-431.
- Konta, P. S. (1997). *Analiza uticaja ekoloških faktora na makrozoobentos Lomničke reke*. Magistarski rad. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Kopp, R., Vitek, T., Štastný, J., Sukop, I., Brabec, T., Ziková, A., Spurný, P., & Mareš, J. (2012). Water quality and biotic community of a highland stream under the influence of a eutrophic fishpond. *International Review of Hydrobiology, 97*(1), 26-40. doi: 10.1002/iroh.201111426
- Kosenko, E., Kaminski, Y., Lopata, O., Muravyov, N., & Felipo, V. (1999). Blocking NMDA receptors prevents the oxidative stress induced by acute ammonia intoxication. *Free Radical Biology & Medicine, 26*(11-12), 1369-1374. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00339-6
- Kovács, T., & Murányi, D. (2013). New country data of some mayflies (Ephemeroptera) from Europe. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 37*,

15-19.

- Krpo-Četković J., Stamenković, S., Plećaš, M., Četković, A., Bila-Dubaić, J. & Subotić, S. (2014). *Ekologija životinja – praktikum*. Beograd, Srbija: Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Külköylüoğlu, O. & Sarı, N. (2012). Ecological characteristics of the freshwater Ostracoda in Bolu Region (Turkey). *Hydrobiologia*, 688(1), 37-46.
doi: 10.1007/s10750-010-0585-0
- Lamouroux, N., Dolédec, S., & Gayraud, S. (2004). Biological traits of stream macroinvertebrate communities: Effects of macrohabitat, reach, and basin filters. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(3), 449-466.
doi: 10.1899/0887-3593(2004)023<0449:BTOSMC>2.0.CO;2
- Lancaster, J., & Downes, B. J. (2013). *Aquatic entomology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Landa, V. (1969). *Jepice – Ephemeroptera. Fauna of ČSSR Czechoslovakia. Svazek 18*. Praha, Czechoslovakia: Ceskoslovenska Akademie VED.
- Leach, W. E. (1815). Entomology. In: *The Edinburgh Encyclopedia. Volume IX*. ed. D. Brewster, (pp. 57-172). Edinburgh, Scotland, UK: William Blackburn.
- Lechthaler, W., & Car, M. (2005). *Simuliidae: Key to Larvae and Pupae from Central and Western Europe (Version CD-Rom-Edition)*. Vienna: Eutaxa-Technisches Büro für Biologie.
- Lechthaler, W., & Stockinger, W. (2005). *Trichoptera - Key to larvae from Central Europe (Version CD-Rom-Edition)*. Vienna: Eutaxa - Technisches Büro für Biologie.
- Leys, M., Keller, I., Räsänen, K., Gattolliat, J. -L., & Robinson, C. T. (2016). Distribution and population genetic variation of cryptic species of the Alpine mayfly *Baetis alpinus* (Ephemeroptera: Baetidae) in the Central Alps. *BMC Evolutionary Biology*, 16:77. doi: 10.1186/s12862-016-0643-y
- Liao, P. B. (1970). Pollution potential of salmonid fish hatcheries. *Water Sewage Works*, 117, 291-297.
- Livingstone, D. R. (1993). Biotechnology and pollution monitoring: Use of molecular biomarkers in the aquatic environment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 57, 195-211. doi: 10.1002/jctb.280570302

- Livingstone, D. R. (2001). Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 42(8), 656-666. doi: 10.1016/S0025-326X(01)00060-1
- Livingstone, D. R. (2003). Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 154(6), 427-430.
- Livingstone, D. R., Förlin, F., & George, S. G. (1994). Molecular biomarkers and toxic consequences of impact by organic pollution in aquatic organisms. In: *Water quality and stress indicators in marine and freshwater systems: Linking levels of organisation*, ed. D. W. Sutcliffe, (pp. 154-171). Ambleside, UK: Freshwater Biological Association.
- Loch, D. D., West, J. L., & Perlmutter, D. G. (1996). The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147(1-2), 37-55. doi: 10.1016/S0044-8486(96)01394-4
- Lucentini, L., Rebora, M., Puletti, M. E., Gigliarelli, L., Fontaneto, D., Gaino, E., & Panara, F. (2011). Geographical and seasonal evidence of cryptic diversity in the *Baetis rhodani* complex (Ephemeroptera, Baetidae) revealed by means of DNA taxonomy. *Hydrobiologia*, 673, 215-228. doi: 10.1007/s10750-011-0778-1
- Lugo-Ortiz, C. R., & McCafferty, W. P. (1996). The *Bugilliesia* complex of African Baetidae (Ephemeroptera). *Transactions of the American Entomological Society*, 122(4), 175-197.
- MacMillan, J. R., Huddleston, T., Woolley, M., & Fothergill, K. (2003). Best management practice development to minimize environmental impact from large flow-through trout farms. *Aquaculture*, 226(1), 91-99. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00470-8
- MACS (1996). *Mid-Atlantic Coastal Streams Workgroup (MACS): Standard operating procedures and technical basis: Macroinvertebrate collection and habitat assessment for low-gradient nontidal streams*. Delaware Department of Natural Resources and Environmental Conservation, Dover, DE.
- Malicky, H. (1979). Notes on some caddisflies (Trichoptera) from Europe and Iran. *Aquatic Insects: International Journal of Freshwater Entomology*, 1(1), 3-16. doi: 10.1080/01650427909360974

- Mallat, J., & Giribet, G. (2006). Further use of nearly complete 28S and 18S rRNA genes to classify Ecdysozoa: 37 more arthropods and a kinorhynch. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(3), 772–794.
doi: 10.1016/j.ympev.2006.04.021
- Marinković-Gospodnetić, M. (1975). Fauna Trichoptera SR Srbije. *Zbornik radova o entomofauni SR Srbije*, 1, 219-236.
- Marković, J. Đ. (1954). Reljef sliva Crnice i Grze. *Zbornik radova SAN*, XXXIX, *Geografski institut*, 7, 19-83.
- Marković, Đ. J. (1970). *Geografske oblasti SFR Jugoslavije (II izdanje)*. Beograd, Srbije: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srbije.
- Marković, Đ. J. (1980). *Regionalna geografija SFR Jugoslavije*. Beograd, Srbija: Građevinska knjiga.
- Marković, V., Tomović, J., Atanacković, A., Kračun, M., Ilić, M., Nikolić, V., & Paunović, M. (2015). Macroinvertebrate communities along the Velika Morava River. *Turkish Journal of Zoology*, 39(2), 210-224. doi: 10.3906/zoo-1307-35
- Marković, Z. (1995). *Reka Detinja, makrozoobentos u oceni kvaliteta vode*. Užice, Srbija: Ministarstvo za zaštitu životne sredine Republike Srbije i Naučno-istraživački centar Užice.
- Marković, Z. (1998). Izvori brdsko-planinskih područja Srbije, ekološka studija makrozoobentosa. Doktorska disertacija. Beograd: Biološki fakultet.
- Marković, Z., & Miljanović, B. (1995). Makrozoobentos Kriveljske reke. *III naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, Zbornik radova "Naša ekološka istina"*, 221-225.
- Marković, Z., Miljanović, B. & Mitrović-Tutundžić, V. (1998). Makrozoobentos kao pokazatelj kvaliteta vode reke Jablanice. *Godišnjak Jugoslovenskog društva za zaštitu voda*, 369-372.
- Marković, Z., Miljanović, B., & Mitrović-Tutundžić, V. (1999). Makrozoobentos kao pokazatelj kvaliteta vode reke Kolubare. *Godišnjak Jugoslovenskog društva za zaštitu voda*, 261-266.
- Marković, Z., Mitrović-Tutundžić, V., & Miljanović, B. (1997). Effect of pollution on the macrozoobenthos diversity and structure in the river Obnica (Serbia, Yugoslavia). *Ekologija*, 32(2): 37-46.

- Marković, Z., & Mitrović-Tutundžić, V. (2003) *Gajenje riba*. Beograd, Srbija: Zadužbina Andrejević.
- Marković, Z., & Poleksić, V. (2011). *Ribarstvo u Srbiji (Fishery in Serbia) (III izdanje)*. Beograd, Srbija: Prof. dr Zoran Marković.
- Marković, Z., Poleksić, V., Živić, I., Stanković, M., Ćuk, D., Spasić, M., Dulić, Z., Rašković, B., Ćirić, M., Bošković, D., & Vukojević, D. (2011). Stanje ribarstva u Srbiji (State of the art of fishery in Serbia). In: *Conference proceedings IV International Conference "Fishery"*, (pp. 30-38). Belgrade, Serbia: Faculty of Agriculture - University of Belgrade, Institute "Nofima-Marine" Norway & Institute "Haki" Hungary, 27 – 29 May 2009.
- Marković, Z., & Živić, I. (2002). Fauna of Ephemeroptera in the running waters of West Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 54(3-4), 117-124.
doi: 10.2298/ABS0204117M
- Martinović-Vitanović, V., Kalafatić, V., Jakovčev, D., Paunović, M., & Martinović, M. J. (1998). Reka Veternica-sastav i struktura biocenoza, saprobiološki status i kvalitet vode. *Ecologica*, 5(3), 22-28.
- Martynov, A. V. (1924). L'évolution de deux formes d'ailes différentes chez les insectes. *Rossyjskoy Zoologicheskij Zhurnal*, 4, 155-185.
- Marziali, L., Armanini, D. G., Cazzola, M., Erba, S., Toppi, E., Buffagni, A., & Rossaro, B. (2010). Responses of Chironomid larvae (Insecta, Diptera) to ecological quality in Mediterranean river mesohabitats (South Italy). *River Research and Applications*, 26(8): 1036–1051. doi:10.1002/rra.1303
- Matsuda, R. (1970). Morphology and evolution of the insect thorax. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 102(Supplement S76), 5-431.
doi: 10.4039/entm10276fv
- McAleece, N., Gage, J. D. G., Lambhead, P. J. D., Paterson, G. L. J. (1997). *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Scottish Association for Marine Science & Natural History Museum London.
- McCafferty, W. P. (1991). Toward a phylogenetic classification of the Ephemeroptera (Insecta): A commentary on systematics. *Annals of the Entomological Society of America*, 84(4), 343-360. doi: 10.1093/aesa/84.4.343
- Meisch, C. (2000). *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*. Heidelberg,

- Germany: Spektrum Akademischer Verlag.
- Merritt, R., & Cummins, K. (1996). Trophic relations of macroinvertebrates. In: *Methods in Stream Ecology*. eds. F. R. Hauer & G. A. Lamberti, (pp. 453-474). San Diego, USA: Academic Press Inc.
- Miljanović, B., Petrović, J., Milin, M., Lukovac, I., & Matović, N. (2011). Macrozoobenthos analysis of River Temstica (Serbia). *Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, 40*. Zlatibor, Serbia: Srpsko društvo za zaštitu voda, 7-9 Jun 2011.
- Milošević, Đ. (2013). *Larve familije Chironomidae (Diptera, Insecta) sliva Južne Morave i njihova primena u proceni ekološkog statusa tekućih vodenih ekosistema*. Doktorska disertacija. Kragujevac: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu.
- Mirčić, D., Stojanović, K., Živić, I., Todorović, D., Stojanović D., Dolićanin. Z. & Perić-Mataruga, V. (2016). The troutfarm effect on *Dinocras megacephala* (Plecoptera: Perlidae) larvae: antioxidative defense. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(7), 1775-1782. doi: 10.1002/etc.3327
- Misra, H. P., & Fridovich, I. (1972). The role of superoxide anion in the antioxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *Journal of Biological Chemistry*, 247(10), 3170-3175.
- Monaghan, M. T., & Sartori, M. (2009). Genetic contributions to the study of taxonomy, ecology, and evolution of mayflies (Ephemeroptera): review and future perspectives. *Aquatic Insects: International Journal of Freshwater Entomology*, 31(Supplement 1), 19-39. doi: 10.1080/01650420902734145
- Moog, O. (2002). *Fauna Aquatica Austriaca. 2nd edition. Wassewirtschaftskataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*. Wien, Austria: Austrian Federal Ministry of Agriculture Forestry Environment & Water Management, Wasserwirtschaftskataster Vienna.
- Morales, M., Martínez-Paz, P., Martín, R., Planelló, R., Urien, J., Martínez-Guitarte, J. L., & Morcillo, G. (2014). Transcriptional changes induced by in vivo exposure to pentachlorophenol (PCP) in *Chironomus riparius* (Diptera) aquatic larvae. *Aquatic Toxicology*, 157, 1-9. doi: 10.1016/j.aquatox.2014.09.009
- Müller-Liebenau, I. (1969). Revision der europäischen Arten der Gattung Baetis

- LEACH, 1815 (Insecta, Ephemeroptera). *Gewässer und Abwässer*, 48/49, 1-214.
- Müller-Liebenau, I. (1973). Morphological characters used in revising the European species of the genus *Baetis* Leach. In: *Proceedings of the First International Conference on Ephemeroptera*, (pp. 182-198). Leiden, Netherlands: E. J. Brill.
- Müller-Liebenau, I. (1974). Baetidae aus Südfrankreich, Spanien und Portugal (Ephemeroptera., Insecta). *Gewässer und Abwässer*, 53/54, 7-42.
- Múrria, C., Morante, M., Rieradevall, M., Ribera, C., & Prat, N. (2014). Genetic diversity and species richness patterns in Baetidae (Ephemeroptera) in the Montseny Mountain range (North-East Iberian Peninsula). *Limnetica*, 33(2), 313–326.
- Namiotko, T., Danielopol, D. L., & Baltanás, A. (2011). Soft body morphology, dissection and slide preparation of Ostracoda: a primer. *Joannea Geologie und Paläontologie*, 11, 327-343.
- Naylor, S., Brisson, J., Labelle, M., Drizo, A., & Comeau, Y. (2003). Treatment of freshwater fish farm effluent using constructed wetlands: the role of plants and substrate. *Water Science and Technology*, 48(5), 215-222.
- Needham, J. G., Traver, J. R., & Hsu, Y. –C. (1935). *The biology of mayflies, with a systematic account of North American species*. New York, USA: Comstock Publishing, Inc.
- Newman, M. (1995). *Quantitative methods in aquatic ecotoxicology. Advances in trace substances research*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Niemi, G. J., & McDonald, M. E. (2004). Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 89-111.
doi: 10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130132
- Nilsson, A. N. (1996). *Aquatic insects of North Europe: a taxonomic handbook. Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera*. Denmark: Apollo Books.
- Noroozrajabi, A., Ghorbani, R., Abdi, O., & Nabavi, E. (2013). The impact of rainbow trout farm effluents on water physicochemical properties of Daryasar stream. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 5(3), 342-346.
doi: 10.5829/idosi.wjfm.2013.05.03.72175
- Novaković, B. (2012). Indicative ecological status assessment of the Južna Morava

- River based on aquatic macroinvertebrates. *Water Research and Management*, 2(4), 45-50.
- Novaković, B. (2013). Indicative ecological status assessment of the Zapadna Morava River based on aquatic macroinvertebrate community. *Water Research and Management*, 3(2), 37-42.
- Novikova, E. A. (1987). *Podenki semeistva Baetidae (Ephemeroptera) fauny SSSR*. Dissertaciya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata biologicheskikh nauk. Leningrad, SSSR: Leningradskii Gosudarstvennyi Universitet.
- Novikova, E. A., & Kluge, K. J. (1987). Sistematika roda *Baetis* (Ephemeroptera, Baetidae) s opisaniem novogo vida iz Sredney Asii. *Vestnik Zoologii*, 4, 8-19.
- Oberdorff, T., & Porcher, J. P. (1994). An index of biotic integrity to assess biological impacts of salmonid farm effluents on receiving waters. *Aquaculture*, 119(2), 219-235. doi: 10.1016/0044-8486(94)90177-5
- Ogden, T. H., Gattolliat, J. L., Sartori, M., Staniczek, A. H., Soldán, T., & Whiting, M. F. (2009). Toward a new paradigm in mayfly phylogeny (Ephemeroptera): combined analysis of morphological and molecular data. *Systematic Entomology*, 34(4), 616-634. doi: 10.1111/j.1365-3113.2009.00488.x
- Ogden, T. H., & Whiting, M. F. (2003). The problem with the “Paleoptera Problem:” sense and sensitivity. *Cladistics*, 19(5), 432-442. doi: 10.1111/j.1096-0031.2003.tb00313.x
- Ogden, T. H., & Whiting, M. F. (2005). Phylogeny of Ephemeroptera (mayflies) based on molecular evidence. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37(3), 625-643. doi: 10.1016/j.ympev.2005.08.008
- Paisley, M., Trigg D. & Walley, W. (2014). Revision of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) score system: derivation of present-only and abundance-related scores from field data. *River Research and Applications*, 30(7), 887-904. doi: 10.1002/rra.2686
- Palmer, M. A., & Febria, C. M. (2012). The Heartbeat of Ecosystems. *Science*, 336(6087), 1393-1394. doi: 10.1126/science.1223250
- Pander, J., & Geist, J. (2013). Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological Indicators*, 30, 106-118. doi: 10.1016/j.ecolind.2013.01.039

- Papageorgiou, A., Barton, J. R., & Karagiannidis, A. (2009). Assessment of the greenhouse effect impact of technologies used for energy recovery from municipal waste: A case for England. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 2999–3012. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.04.012
- Paunović, M. (2001). *Prostorna i sezonska dinamika makrozoobentosa reke Vlasine*. Magistarski rad. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Paunović, M. (2007). *Struktura zajednica makroinvertebrata kao indikator tipova tekućih voda Srbije*. Doktorska disertacija. Beograd, Srbija: Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Paunovic, M., Jakovcev-Todorovic, D., Simic, V., Stojanovic, B., & Cacic, P. (2007). Macroinvertebrates along the Serbian section of the Danube River (stream km 1429–925). *Biologia*, 62(2), 214-221. doi: 10.2478/s11756-007-0032-5
- Paunović, M., Tubić, B., Kračun, M., Marković, V., Simić, V., Zorić, K., & Atanacković, A. (2012). Ecoregions delineation for the territory of Serbia. *Water Research and Management*, 2(1), 65-74.
- Pereira-da-Conceicao, L. L., Price, B. W., Barber-James, H. M., Barker, N. P., de Moor, F. C., & Villet, M. H. (2012). Cryptic variation in an ecological indicator organism: mitochondrial and nuclear DNA sequence data confirm distinct lineages of *Baetis harrisoni* Barnard (Ephemeroptera: Baetidae) in southern Africa. *BMC Evolutionary Biology*, 12, 26. doi: 10.1186/1471-2148-12-26
- Peterson, B.J., Wollheim, W.M., Mulholland, P.J., Webster, J.R., Meyer, J.L., Tank, J.L., Marti, E., Bowden, W.B., Valett, H.M., Hershey, A.E., McDowell, W.H., Dodds, W.K., Hamilton, S.K., Gregory, S., & Morrall, D.D. (2001). Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*, 292(5514), 86–90. doi: 10.1126/science.1056874
- Petrov, B., Miličić, D., & Karan-Žnidaršič, T. (2007). Branhiopodni i ostrakodni rakovi Specijalnog rezervata prirode Zasavica (Crustacea: Branchiopoda, Ostracoda). U: *Naučno-stručni skup „Zasavica 2007“*. (str. 153-157). Sremska Mitrovica, Srbija: 1. decembar 2007.
- Petrović, A., Milošević, D., Paunović, M., Simić, S., Đorđević, N., Stojković, M., & Simić, V. (2015). New data on the distribution and ecology of the mayfly larvae (Insecta: Ephemeroptera) of Serbia (central part of the Balkan Peninsula).

- Turkish Journal of Zoology*, 39, 195-209. doi: 10.3906/zoo-1304-2
- Petrović, D. (1970). Sliv Crnog Timoka – geomorfološka studija. *Posebna izdanja Geografskog instituta "Jovan Cvijić"*, 22, 1-112.
- Petrović, D. (1989). Morfogeneza Kučaja. *Zbornik radova Geografskog fakulteta*, 36, 5-14.
- Petrović, J. (2002). Dubinska kraška vrela u kršu istočne Srbije. *Glasnik Srpskog Geografskog Društva*, 82(2), 3-17.
- Petrović, M. (1963). Novi Pazar i okolina. Beograd, Srbija: Prosvjeta.
- Pfaff, J. D. (1993). *Determination of inorganic anions by ion chromatography. EPA method 300.0*. Cincinnati, Ohio, USA: Environmental Monitoring Systems Laboratory Office of research and development, U.S. Environmental Protection Agency.
- Pillot, H. (1984a). *De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). 1A: Inleiding, Tanypodinae & Chironomini*. Leiden, Nederland: St. EIS Nederland.
- Pillot, H. (1984b). *De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). 1B: Orthoclaadiinae sensu lato (Vol. 1)*. Leiden, Nederland: St. EIS Nederland.
- Pillot, H. (2009). *Chironomidae larvae. Biology and Ecology of the Chironomini*. Zeist, Netherlands: KNNV Publishing.
- Previšić, A., Graf, W., Vitecek, S., Kučinić, M., Bálint, M., Keresztes, L., Pauls, S. U., & Waringer, J. (2014). Cryptic diversity of caddisflies in the Balkans: the curious case of *Ecclisopteryx* species (Trichoptera: Limnephilidae). *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 72(3), 309-329.
- Pulatsu, S., Rad, F., Köksal, G., Aydın, F., Benli, A. K., & Topçu, A. (2004). The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4(1), 9-15.
- Rawer-Jost, C., Böhmer, J., Blank, J., & Rahmann, H. (2000). Macroinvertebrate functional feeding group methods in ecological assessment. *Hydrobiologia*, 422, 225-232. doi: 10.1023/A:1017078401734
- Resh, V. H., & Jackson, J. K. (1993). Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, eds. D. M. Rosenberg & V. H. Resh, (pp. 195-233). New York, USA: Chapman & Hall.

- Richards, O. W., & Davies, R. G. (1977). *Imms' general textbook of Entomology: Volume 2: Classification and biology (10th edition)*. London, UK: Chapman and Hall.
- Roberts, L., Boardman, G., & Voshell, R. (2009). Benthic macroinvertebrate susceptibility to trout farm effluents. *Water Environment Research*, 81(2), 150-159. doi: 10.2175/106143008X325854
- Rooney, R. C., & Podemski, C. L. (2009). Effects of an experimental rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farm on invertebrate community composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(11), 1949-1964. doi: 10.1139/F09-130
- Rosemond, A.D., Benstead, J.P., Bumpers, P.M., Gulis, V., Kominoski, J.S., Manning, D.W.P., Suberkropp, K., & Wallace, J.B. (2015). Experimental nutrient additions accelerate terrestrial carbon loss from stream ecosystems. *Science*, 347(6226), 1142–1145. doi: 10.1126/science.aaa1958
- Rozkošný, R. (1980). *Key for determination of larvae of water insects*. Praha: Československa Akademie Ved.
- Ruffieux, L., Sartori, M., & L'Eplattenier, G. (1996). Palmen body: a reliable structure to estimate the number of instars in *Siphonurus aestivalis* (Eaton) (Ephemeroptera: Siphonuridae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 25(3), 341-344. doi: 10.1016/0020-7322(96)00004-9
- Russev, B., & Vidinova, Y. (1994). New representatives of the order Ephemeroptera (Insecta) for the fauna of Bulgaria. *Lauterbornia*, 15, 85-87.
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774. doi: 10.1126/science.287.5459.1770
- Sanz, A., Trenzado, C. E., López-Rodríguez, M. J., Furné, M. & Tierno de Figueroa, J.M. (2010). Study of antioxidant defense in four species of Perlodea (Insecta, Plecoptera). *Zoological Science*, 27(12), 952-958. doi: 10.2108/zsj.27.952
- Sartori, M., & Landolt, P. (1999). *Fauna Helvetica 3: Atlas de distribution des Ephémères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera)*. Neuchâtel, Switzerland: Centre

- Suisse de Cartographie de la Faune and Schweizerische Entomologische Gesellschaft.
- Savić, A. V. (2012). *Ekološka analiza zajednice makrozoobentosa reke Nišave*. Doktorska disertacija. Beograd: Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Savolainen, E., Drotz, K. M., Hoffsten, P. –O., & Saura, A. (2007). The *Baetis vernus* group (Ephemeroptera, Baetidae) of northernmost Europe: an evidently, diverse but poorly understood group of mayflies. *Entomologica Fennica*, 18(3), 160-167.
- Schaefer, C. W. (1975). The mayfly subimago: a possible explanation. *Annals of the Entomological Society of America*, 68, 184. doi: 10.1093/aesa/68.1.183
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana & Chicago, USA: University of Illinois Press.
- Shreve, R.L. (1967). Infinite topologically random channel networks. *Journal of Geology*, 75(2), 178–186.
- Selong, J. H., & Helfrich, L. A. (1998). Impacts of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia headwater streams. *The Progressive Fish-Culturist*, 60(4), 247-262.
doi: 10.1577/1548-8640(1998)060<0247:IOTCEO>2.0.CO;2
- Silva, C, Mattioli, M., Fabbri, E., Yáñez, E., Delvalls, T. A., & Martín-Díaz, M. L. (2012). Benthic community structure and biomarker responses of the clam *Scrobicularia plana* in a shallow tidal creek affected by fish farm effluents (Rio San Pedro, SW Spain). *Environment International*, 47, 86–98. doi: 10.1016/j.envint.2012.06.008
- Simić, V. (1993). *Saprobiološka valorizacija Svrljiškog i Trgoviškog Timoka na osnovu sastava makrozoobentosa*. Magistarski rad. Beograd: Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Simić, V., & Simić, S. (2003). Macroalgae and macrozoobentos of the Pčinja river. *Archives of Biological Science*, 55(3-4), 121-132.
- Simpson, E. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163, 688. doi: 10.1038/163688a0
- Sindilariu, P.-D., Wolter, C., & Reiter, R. (2008). Constructed wetlands as a treatment method for effluents from intensive trout farms. *Aquaculture*, 277(3–4), 179-

184. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.026
- Službeni glasnik RS (5/2010). Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva.
- Službeni glasnik RS (74/2011). Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.
- Soldán, T., & Landa, V. (1999). A key to the Central European species of the genus *Rhithrogena* (Ephemeroptera: Heptageniidae). *Klapalekiana*, 35, 25-37.
- Spellman, F. R. (2008). *The science of water: concepts and applications* (2nd edition). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Sroka, P. (2012). Systematics and phylogeny of the West Palaearctic representatives of subfamily Baetinae (Insecta: Ephemeroptera): combined analysis of mitochondrial DNA sequences and morphology. *Aquatic Insects: International Journal of Freshwater Entomology*, 34(1), 23-53.
doi: 10.1080/01650424.2012.718081
- SRPS EN ISO (2007). *SRPS EN ISO 9963-1:2007 - Kvalitet vode - Odredjivanje alkaliteta - Deo 1: Odredjivanje ukupnog i kompozitnog alkaliteta*. Institut za Standardizaciju Srbije.
- Ståhls, G., & Savolainen, E. (2008). MtDNA COI barcodes reveal cryptic diversity in the *Baetis vernus* group (Ephemeroptera, Baetidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46(1), 82-87. doi: 10.1016/j.ympev.2007.09.009
- Staniczek, A. (2000). The mandible of silverfish (Insecta: Zygentoma) and mayflies (Ephemeroptera): its morphology and phylogenetic significance. *Zoologischer Anzeiger*, 239(2), 147-178.
- Stefanović, K. S., Nikolić, V. P., Tubić, B. P., Tomović, J. M., Atanacković, A. D., Simić, V. M., & Paunović, M. M. (2009). Aquatic macroinvertebrates of the Jablanica River, Serbia. *Archives of Biological Science*, 61(4), 787-794.
doi: 10.2298/ABS0904787S
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63(11), 1117-1142.
doi: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions*

- of the American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
doi: 10.1029/TR038i006p00913
- Strayer, D. L. (2006). Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(2), 271-287.
doi: 10.1899/0887-3593(2006)25[271:CFFIC]2.0.CO;2
- Sun, H., Lü, K., Minter, E. J., Chen, Y., Yang, Z., & Montagnes, D. J. (2012). Combined effects of ammonia and microcystin on survival, growth, antioxidant responses, and lipid peroxidation of bighead carp *Hypophthalmichthys nobilis* larvae. *Journal of Hazardous Materials*, 221–222, 213–219.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.04.036
- Škunca-Milovanović, S., Feliks, R., Đurović, B. & Poček, B. (1990). *Drinking water: Standard methods for testing hygienic safety*. The Federal Institute for Health Protection NIP "Economic review".
- Tamura, K., & Nei, M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10(3), 512–526.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. & Kumar, S. (2011). MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using maximum likelihood, evolutionary distance and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28(10), 2731–2739. doi: 10.1093/molbev/msr121
- Taylor, J. M., & Kennedy, J. H. (2006). Life History and Secondary Production of *Caenis latipennis* (Ephemeroptera: Caenidae) in Honey Creek, Oklahoma. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(5), 821-830.
doi: 10.1603/0013-8746(2006)99[821:LHASPO]2.0.CO;2
- Tello, A., Corner, R. A., & Telfer, T. C. (2010). How do land-based salmonid farms affect stream ecology? *Environmental Pollution*, 158(5), 1147-1158.
doi: 10.1016/j.envpol.2009.11.029
- TEPCD (2006). The European Parliament and the Council Directive 2006/44/EC of 6 September 2006, on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. *Official Journal of the European Union*, L 264/20. [Pristupljeno 4. februara 2017].
<http://data.europa.eu/eli/dir/2006/44/oj>

- Thioulouse, J., Chessel, D., Dole´dec, S., & Olivier, J.-M. (1997). ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7(1), 75-83. doi: 10.1023/A:1018513530268
- Timm, T. (2009). A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *Lauterbornia*, 66, 1-235.
- Tischler, M. (1949). Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig, Germany; Vieweg & Sohn.
- Tomović, M., Jevtić, M., & Milovanović, G. (2014). Optimizacija hibridnog sistema za napajanje ribnjaka. *Energija/Ekonomija/Ekologija*, 1-2, 170-177.
- Tubić, B., Simić, V., Zorić, K., Gačić, Z., Atanacković, A., Csányi, B., & Paunović, M. (2013). Stream section types of the Danube River in Serbia according to the distribution of macroinvertebrates. *Biologia*, 68(2), 294-302. doi: 10.2478/s11756-013-0152-z
- Tubić, B., Vasiljević, B., Zorić, K., Đikanović, V., Vranković, J., & Paunović, M. (2010). Saprobiological analyses of the Mileševka river (the Lim river watershed; Sava river basin) [Serbia] based on macrozoobenthos community. *Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda*, 39, Divčibare, Valjevo, Serbia: Srpsko društvo za zaštitu voda, 8-10 Jun 2010.
- Valavanidis, A., Vlahogianni, T., Dassenakis, M., & Scoullou, M. (2006). Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64(2), 178-189. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.03.013
- Vallenduuk, H. J., & Pillot, H. K. (2007). *Chironomidae larvae of the Netherlands and adjacent lowlands: General ecology and Tanypodinae*. Zeist, Nederland: KNNV Publishing.
- Vannote, R. L., Minshall, W. G., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1): 130-137. doi: 10.1139/f80-017
- Verdonschot, P. F. M., & Moog, O. (2006). Tools for assessing European streams with macroinvertebrates: major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia*, 566(1), 299-309. doi: 10.1007/s10750-006-0088-1
- Vidinova, Y. (2006). Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) from the Rodopes Mountains

- (Bulgaria and Greece). In: *Biodiversity of Bulgaria. 3. Biodiversity of Western Rhodopes (Bulgaria and Greece) I.* ed. P. Beron, (pp. 269-281). Sofia, Bulgaria: Pensoft & Natural Museum of Natural History Sofia.
- Voelz, N. J., & McArthur, V. J. (2000). An exploration of factors influencing lotic insect species richness. *Biodiversity & Conservation*, 9(11), 1543-1570.
doi: 10.1023/A:1008984802844
- Vučković, I., Čuk, R., Cerjanec, D., Vidaković, I., Plantak, M., Srebočan, M., & Kučinić, M. (2016). The genus *Ecclisopteryx* (Insecta: Trichoptera: Limnephilidae) in Croatia: distribution and conservation aspects. *Natura Croatica*, 25(2), 267-278. doi: 10.20302/NC.2016.25.22
- Wallace, I. D., Wallace, B., & Philipson, G. N. (2003). *Keys to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland*. Ambleside, UK: Freshwater Biology Association, Science Publication 61.
- Waltz, R. D., & McCafferty, W. P. (1987a). New genera of Baetidae for some Nearctic species previously included in *Baetis* Leach (Ephemeroptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 80(5), 667-670. doi: 10.1093/aesa/80.5.667
- Waltz, R. D., & McCafferty, W. P. (1997). New generic synonymies in Baetidae (Ephemeroptera). *Entomological News*, 108(2), 134-140.
- Waltz, R. D., McCafferty, W. P., & Thomas, A. (1994). Systematics of *Alainites* n. gen., *Dipheter*, *Indobaetis*, *Nigrobaetis* n. stat., and *Takobia* n. stat. (Ephemeroptera, Baetidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 130, 33-36.
- Wang, T. -Q., & McCafferty, W. P. (1996). New diagnostic characters for the mayfly family Baetidae (Ephemeroptera). *Entomological News*, 107(4), 207-212.
- Waringer, J., & Graf, W. (1997). *Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete*. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- Webb, J. A. (2012). Effects of trout farms on stream macroinvertebrates: linking farm-scale disturbance to ecological impact. *Aquaculture Environment Interactions*, 3, 23-32. doi: 10.3354/aei00048
- Webb, J. A., Jacobus, L. M., Funk, D. H., Zhou, X., Kondratieff, B., Geraci, C. J., DeWalt, E. R., Baird, D. J., Richard, B., Phillips, I., & Hebert, P. D. N. (2012). A DNA Barcode Library for North American Ephemeroptera: Progress and

- Prospects. *PLoS ONE*, 7(5), e38063. doi: 10.1371/journal.pone.0038063
- Weston, D. P., Phillips, M. J., & Kelly, L. A. (1996). Environmental impacts of salmonid culture. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 29, 919-967. doi: 10.1016/S0167-9309(96)80019-6
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology (2nd edition)*. Philadelphia, USA: Saunders College Publishing.
- WFD (2000). *The EU Water Framework Directive – integrated river basin management for Europe: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council*, 23 October 2000, [Pristupljeno 3. februara 2017].
http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
- Wheeler, W. C., Whiting, M. F., Wheeler, Q. D., & Carpenter, J. C. (2001). The phylogeny of the extant hexapod orders. *Cladistics*, 17(2), 113-169.
doi: 10.1111/j.1096-0031.2001.tb00115.x
- Whiting, M. F., Carpenter, J. C., Wheeler, Q. D., & Wheeler, W. C. (1997). The Strepsiptera problem: phylogeny of the holometabolous insect orders inferred from 18S and 28S ribosomal DNA sequences and morphology. *Systematic Biology*, 46, 1-68.
- Williams, H.C., Ormerod, S.J., & Bruford, M.W. (2006). Molecular systematics and phylogeography of the cryptic species complex *Baetis rhodani* (Ephemeroptera, Baetidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(2), 370–382.
doi: 10.1016/j.ympev.2006.03.004
- Woo, S., Denis, V., Won, H., Shin, K., Lee, G., Lee, T.K., & Yum, S. (2013). Expressions of oxidative stress-related genes and antioxidant enzyme activities in *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia, Mollusca) exposed to hypoxia. *Zoological Studies*, 52, 15. doi: 10.1186/1810-522X-52-15
- Wojnarovich, A., Hoitsy, G., & Moth-Poulsen, T. (2011). *Small-scale rainbow trout farming*: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wright, J. F., Sutcliffe, D. W., & Furse, M. T. eds. (2000). *Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques*. Ambleside, Cumbria, UK: Freshwater Biological Association.
- Zelinka, M., & Marvan, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie*, 57(3), 389-407.

- Zhang, J., Zhou, C., Gai, Y., Song, D., & Zhou, K. (2008). The complete mitochondrial genome of *Parafronurus youi* (Insecta: Ephemeroptera) and phylogenetic position of the Ephemeroptera. *Gene*, 424(1-2), 18-24.
doi: 10.1016/j.gene.2008.07.037
- Zwick, P. (2004). Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 34(4), 315-348. doi: 10.1016/S0075-9511(04)80004-5
- Živić, I. (2005). *Faunistička i ekološka studija makrozoobentosa tekućica sliva Južne Morave sa posebnim osvrtom na taksonomiju larvi Trichoptera (Insecta)*. Doktorska disertacija. Beograd: Biološki fakultet.
- Živić, I., Bjelanović, K., Simić, V., Živić, M., Žikić, V., & Marković, Z. (2013). New records of *Thremma anomalum* (Trichoptera: Uenoidae) from southeastern Europe with notes on its ecology. *Entomological News*, 123(3), 206-219.
doi: 10.3157/021.123.0307
- Živić, I., & Marković, Z. (2006). Saprobiological analysis of water of the southern Morava River (a second order tributary of the Danube in Serbia) on the basis of Macrozoobenthos as a bioindicator. *Proceedings 36th International Conference of International Association for Danube Research (IAD)*. (pp. 301-306). Vienna, Austria: Austrian Committee Danube Research, International Association for Danube Research & Societas Internationalis Limnologiae (AC - IAD), 04-08 September 2006.
- Živić, I., Marković, Z., & Brajković, M. (2002). Dynamics and distribution of macrozoobenthos in the Toplica river, a tributary of the Kolubara. *Archives of Biological Science*, 54(1-2), 19-27.
- Živić, I., Marković, Z., & Brajković, M. (2006). Influence of the temperature regime on the composition of the macrozoobenthos community in a thermal brook in Serbia. *Biologia*, 61(2), 179-191. doi: 10.2478/s11756-006-0029-5
- Živić, I., Marković, Z., Filipović-Rojka, Z., & Živić, M. (2009a). Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Trešnjica River, Serbia). *International Review of Hydrobiology*, 94(6), 673-687. doi: 10.1002/iroh.200811137
- Živić, I., Marković, Z., & Ilić, J. (2005). Composition, structure and seasonal dynamics

- of macrozoobenthos in the Temska and Visočica rivers (Serbia). *Archives of Biological Sciences*, 57(2), 107-118. doi: 10.2298/ABS0502107Z
- Živić, I., Marković, Z., & Živić, M. (2009b). Influence of a trout farm on macrozoobenthos communities of the Trešnjica River, Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 61(3), 483-492. doi: 10.2298/ABS0903483Z
- Živić, N., Miljanović, B., Stojković, M., & Milošević, D. (2008). The influence of waste water from the Nish city (Serbia) on the structure and composition of macrozoobenthos of Gabrovac river. *Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda*, 37, Mataruška Banja, Serbia: Srpsko društvo za zaštitu voda, 3-6 Jun 2008.

PRILOG 1: Srednji mesečni vodostaji uzorkovanih tekućica

Prilog 1. Tabela prikaz srednjih mesečnih vodostaja (izražen u cm) slivova istraživanih reka za period 2011 – 2012. (prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije).

Stanica/Meseci	2011											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bajina Bašta (Drina)	123	116	160	107	181	80	66	59	41	56	65	40
Paraćin (Crnica)	-26	-26	-10	-13	-21	-31	-34	-37	-36	-34	-37	-35
Vladičin Han (Južna Morava)	75	74	76	62	60	50	-83	41	30	42	45	52
Novi Pazar (Raška)	18	21	25	26	34	22	14	11	12	13	13	12
Devići (Studenica)	51	49	60	61	71	55	51	44	42	45	39	46
Brus (Rasina)	-24	-25	-13	-18	-8	-21	-24	-37	-39	-36	-33	-33
Žagubica (Mlava)	73	69	77	81	75	60	54	52	47	46	46	46
Bogovina (Crni Timok)	56	54	105	67	53	41	31	25	22	23	26	26
Stanica/Meseci	2012											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bajina Bašta (Drina)	53	135	182	261	224	152	55	70	48	49	59	179
Paraćin (Crnica)	-34	-25	11	15	9	-22	-34	-36	-39	-37	-36	-32
Vladičin Han (Južna Morava)	60	85	100	92	82	67	48	45	36	27	30	42
Novi Pazar (Raška)	13	15	38	34	33	21	12	13	12	10	9	13
Devići (Studenica)	45	51	69	89	71	55	46	39	35	46	38	40
Brus (Rasina)	-26	-16	1	-11	-9	-29	-39	-43	-42	-38	-34	-27
Žagubica (Mlava)	48	51	92	88	89	70	55	47	43	43	45	56
Bogovina (Crni Timok)	28	35	92	77	80	53	32	24	22	23	27	29

PRILOG 2: Fotografije lokaliteta sa uzorkovanih tekućica



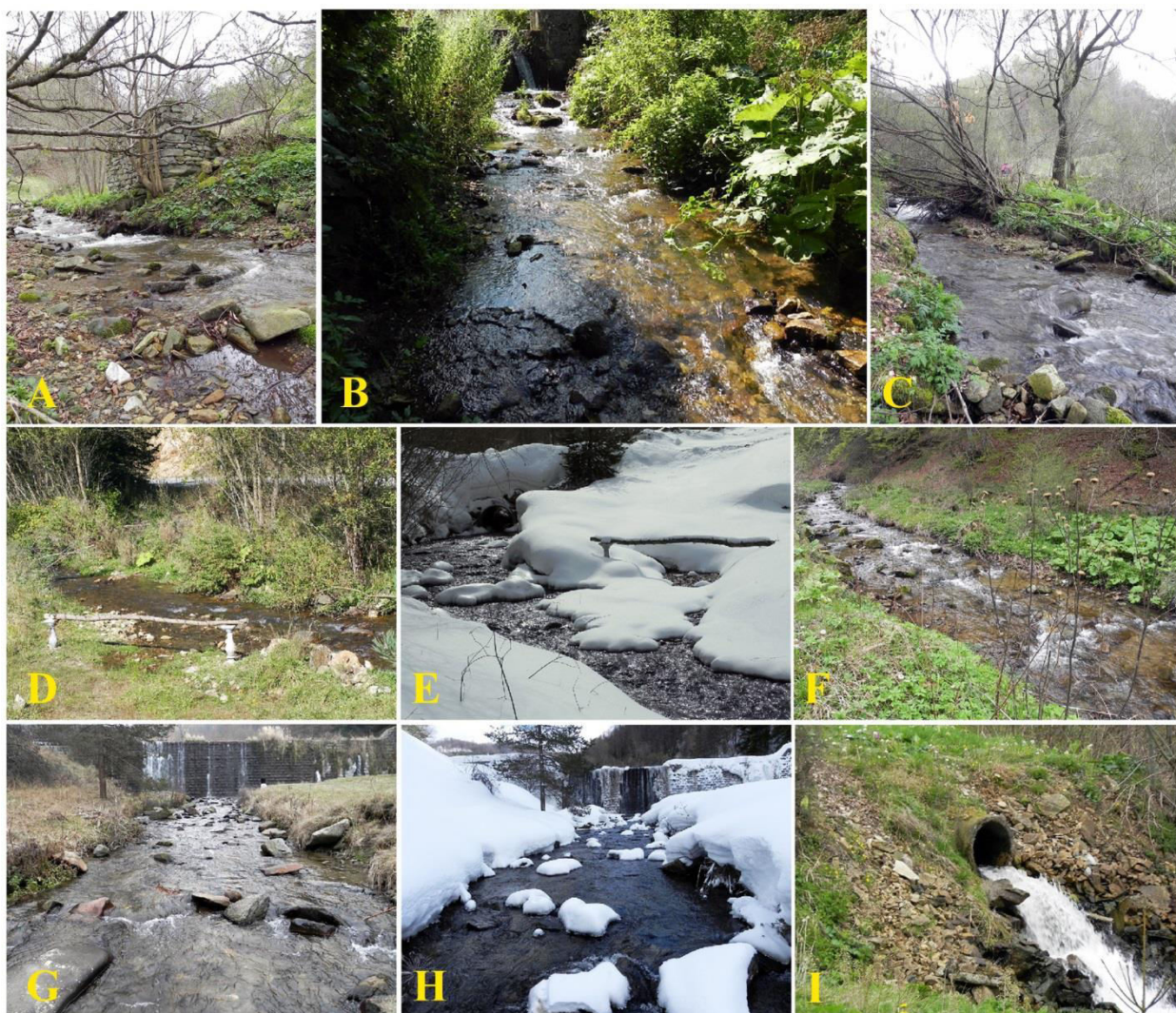
Slika 1. Uzorkovani lokaliteti na reci Raški. (A) Lokalitet 1, prolećni aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 2, prolećni aspekt (prosečan vodostaj); (C) Lokalitet 2, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (D) Lokalitet 3, letnji aspekt (nizak vodostaj); (E) Lokalitet 3, zimski aspekt (nizak vodostaj); (F) Lokalitet 4, prolećni aspekt (visok vodostaj); (G) Lokalitet 4, zimski aspekt (prosečan vodostaj); (H) Lokalitet 5, zimski aspekt (prosečan vodostaj); (I) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Rašku. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 2. Uzorkovani lokaliteti na reci Rasini. (A) Lokalitet 1, prolećni aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 1, zimski aspekt (visok vodostaj); (C) Lokalitet 2, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (D) Lokalitet 3, prolećni aspekt (visok vodostaj); (E) Lokalitet 3, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (F) Lokalitet 4, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (G) Lokalitet 4, prolećni aspekt (visok vodostaj); (H) Lokalitet 5, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (I) Lokalitet 5, zimski aspekt (visok vodostaj); (J) Lokalitet 6, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (K) Lokalitet 6, zimski aspekt (visok vodostaj); (L) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Rasinu. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 3. Uzorkovani lokaliteti na reci Radovanska reka. (A) Lokalitet 1 – Izvor Radovanske reke, prolećni aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 1 – Izvor Radovanske reke, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (C) Lokalitet 2, zimski aspekt (visok vodostaj); (D) Lokalitet 3, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (E) Lokalitet 3, zimski aspekt (visok vodostaj); (F) Lokalitet 4, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (G) Lokalitet 5, zimski aspekt (visok vodostaj); (H) Izgled izvodnog kanala iz pastrmskog ribnjaka; (I) Upliv vode iz ribnjaka u recipijent Radovansku reku. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 4. Uzorkovani lokaliteti na reci Vrli. (A) Lokalitet 1, prolećni aspekt (prosečan vodostaj); (B) Lokalitet 2, letnji aspekt (nizak vodostaj); (C) Lokalitet 3, prolećni aspekt (prosečan vodostaj); (D) Lokalitet 4, letnji aspekt (nizak vodostaj); (E) Lokalitet 4, zimski aspekt (prosečan vodostaj); (F) Lokalitet 5, prolećni aspekt (prosečan vodostaj); (G) Lokalitet 6, kasna jesen (visok vodostaj); (H) Lokalitet 6, zimski aspekt (prosečan vodostaj); (I) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Vrli. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



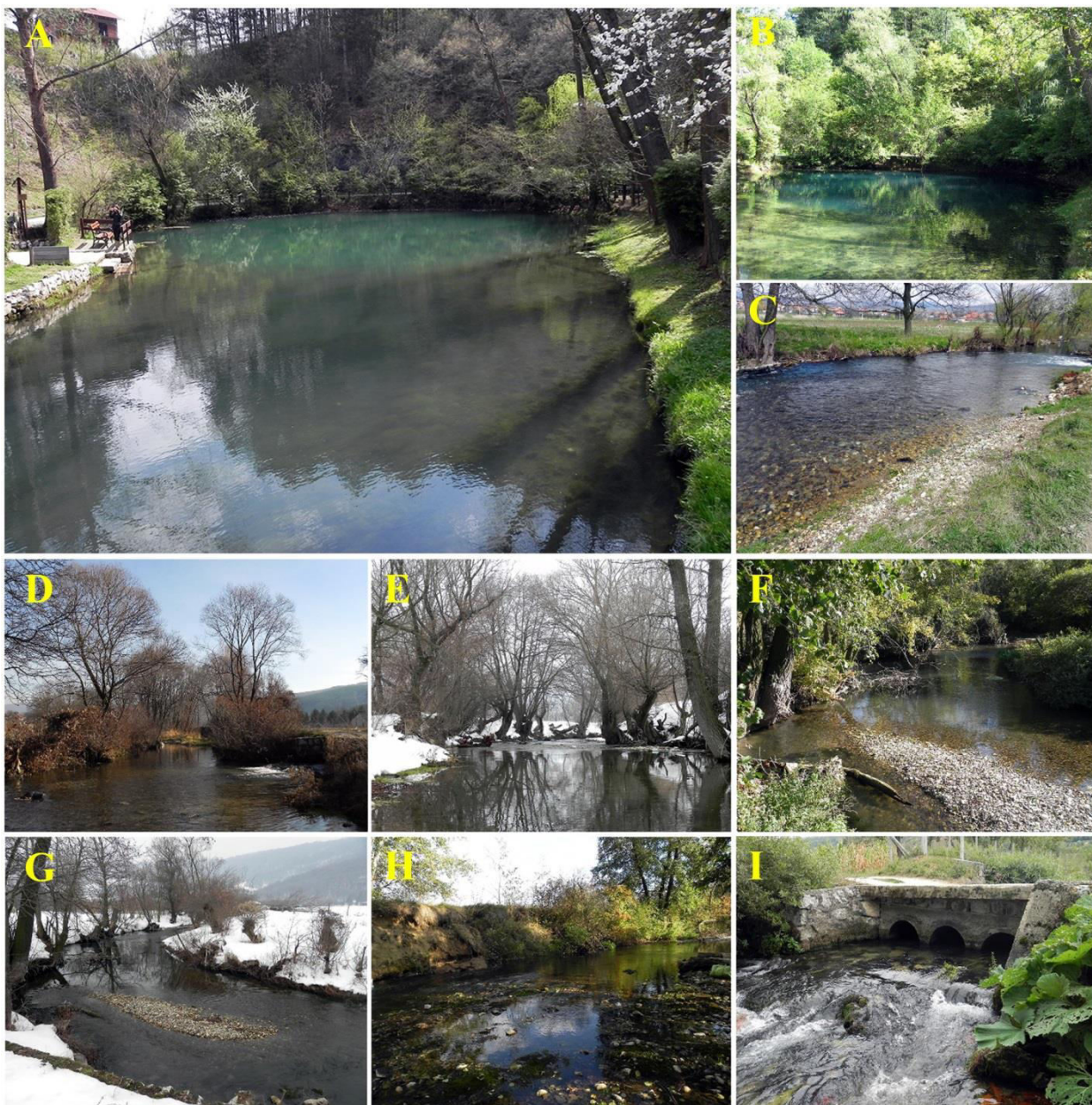
Slika 5. Uzorkovani lokaliteti na reci Crnici. (A) Lokalitet 1, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (B) Lokalitet 2, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (C) Lokalitet 2, prolećni aspekt (prosečan vodostaj); (D) Lokalitet 3, zimski aspekt (visok vodostaj); (E) Lokalitet 4, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (F) Lokalitet 4, zimski aspekt (visok vodostaj); (G) Lokalitet 5, prolećni aspekt (visok vodostaj); (H) Lokalitet 6, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (I) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Crnicu. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 6. Uzorkovani lokaliteti na reci Studenici. (A) Lokalitet 1, zimski aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 1, letnji aspekt (nizak vodostaj); (C) Lokalitet 2, rano proleće (prosečan vodostaj); (D) Lokalitet 3, kasna jesen (prosečan vodostaj); (E) Lokalitet 3, prolećni aspekt (visok vodostaj); (F) Lokalitet 4, zimski aspekt (visok vodostaj); (G) Lokalitet 5, prolećni aspekt (visok vodostaj); (H) Lokalitet 6, zimski aspekt (visok vodostaj); (I) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Studenicu. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 7. Uzorkovani lokaliteti na reci Rači. (A) Lokalitet 1, prolećni aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 1, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (C) Lokalitet 1, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (D) Lokalitet 2, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (E) Lokalitet 3, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (F) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Raču; (G) Lokalitet 4, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (H) Lokalitet 4', letnji aspekt (prosečan vodostaj); (I) Lokalitet 5, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (J) Lokalitet 6, zimski aspekt (visok vodostaj). (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).



Slika 8. Uzorkovani lokaliteti na reci Mlavi. (A) Lokalitet 1 - Vrelo Mlave, prolećni aspekt (visok vodostaj); (B) Lokalitet 1 - Vrelo Mlave, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (C) Lokalitet 2, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (D) Lokalitet 2, zimski aspekt (visok vodostaj); (E) Lokalitet 3, zimski aspekt (visok vodostaj); (F) Lokalitet 4, letnji aspekt (prosečan vodostaj); (G) Lokalitet 4, zimski aspekt (visok vodostaj); (H) Lokalitet 5, jesenji aspekt (nizak vodostaj); (I) Ispust sa pastrmskog ribnjaka u reku Mlavu. (Fotografije: K. Stojanović; D. Stojanović).

PRILOG 3. Uzorkovanje organizama makrozoobentosa i upotrebljena oprema



Slika 1. Određivanje fizičko-hemijskih parametara i prikupljanje makrozoobentosa na terenu. (A) Merenje fizičko-hemijskih parametara upotrebom aparata PCE-PHD; (B) Izgled aparata PCE-PHD; (C) Izgled terenskog lista; (D) Merenje brzine toka za potrebe izračunavanja protoka pomoću floumetra GEOPacks; (E) Kvantitativno uzorkovanje pomoću Surberove mreže; (F) Izgled „pune“ surberove mreže; (G) Kvalitativno prikupljanje pomoću pincete; (H) Popunjavanje terenskog lista.

Prilog 4. Prikaz identifikovanih taksona na uzorkovanim rekama.

Tabela 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
Plathyhelminthes											
1.	<i>Crenobia alpina montenegrina</i> (Mrázek, 1904)	Turbellaria – Planariidae		+		+					
2.	<i>Dendrocoelum lacteum</i> (Müller, 1774)	Turbellaria – Dendrocoelidae									+
3.	<i>Dugesia gonocephala</i> (Duges, 1830)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+		+					
4.	<i>Dugesia lugubris</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae	+	+	+	+	+	+		+	+
5.	<i>Dugesia polychroa</i> (Schmidt, 1861)	Turbellaria – Dugesiidae				+					
Σ ukupno= 5			2	3	1	4	1	1	0	1	2
Mollusca											
6.	<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	Gastropoda – Ancyliidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7.	<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)	Gastropoda – Bithyniidae						+			
8.	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Bithyniidae	+	+			+				+
9.	<i>Lymnaea peregra</i> (Müller, 1774)	Gastropoda – Lymnaeidae						+		+	
10.	<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Planorbiidae		+	+	+	+				+
11.	<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda – Lymnaeidae		+	+	+	+				+
12.	<i>Valvata cristata</i> (Müller, 1774)	Gastropoda – Valvatidae						+			
13.	<i>Pisidium</i> sp.	Bivalvia – Sphaeriidae	+	+		+	+	+		+	
Σ ukupno= 8			3	5	3	4	5	5	1	3	4
Annelida											
14.	<i>Bythonomus lemani</i> Grube, 1879	Oligochaeta – Lumbriculidae	+		+	+			+		+
15.	<i>Chaetogaster</i> sp.	Oligochaeta – Naididae				+					
16.	<i>Dero</i> sp.	Oligochaeta – Naididae				+			+		
17.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Oligochaeta – Lumbricidae	+		+	+	+	+	+	+	+
18.	<i>Enchytraeus albidus</i> Henle, 1837	Oligochaeta – Enchytraeidae			+			+			+
19.	<i>Enchytraeus</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae			+					+	
20.	<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878)	Oligochaeta – Enchytraeidae			+	+			+		
21.	<i>Fridericia</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae	+	+	+		+	+			
22.	<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	Oligochaeta – Haplotaxidae	+	+		+		+	+		+
23.	<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel, 1868	Oligochaeta – Tubificidae						+			
24.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae	+	+		+	+	+	+		
25.	<i>Limnodrilus</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+	+		+			+	+	
26.	<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Tubificidae		+							
27.	<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Lumbriculidae			+						
28.	<i>Mesenchytraeus</i> sp.	Oligochaeta – Enchytraeidae	+								
29.	<i>Nais barbata</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae	+	+		+	+	+			
30.	<i>Nais bretsheri</i> Michaelsen, 1899	Oligochaeta – Naididae	+			+	+				
31.	<i>Nais elengius</i> Müller, 1774	Oligochaeta – Naididae	+			+					

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
32.	<i>Nais pardalis</i> Piguët, 1906	Oligochaeta – Naididae			+						
33.	<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906	Oligochaeta – Naididae				+					
34.	<i>Nais</i> sp.	Oligochaeta – Naididae	+		+	+	+	+	+		+
35.	<i>Ophidonais serpentina</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Naididae				+					
36.	<i>Peloscolex ferox</i> (Eisen, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae		+	+			+			
37.	<i>Peloscolex velutina</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+		+			+		
38.	<i>Pristina longiseta</i> Ehrenberg, 1828	Oligochaeta – Tubificidae – Pristininae						+			
39.	<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	Oligochaeta – Tubificidae			+	+		+			
40.	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+		+		+	+		
41.	<i>Psammoryctides</i> sp.	Oligochaeta – Tubificidae	+			+				+	
42.	<i>Rynchelmis limosella</i> Hoffmeister, 1843	Oligochaeta – Lumbriculidae		+							+
43.	<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	Oligochaeta – Naididae	+					+			
44.	<i>Styodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	Oligochaeta – Lumbriculidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45.	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	Oligochaeta – Tubificidae	+	+	+	+	+	+			
46.	<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	Hirudinea – Erpobdellidae									+
47.	<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1820)	Hirudinea – Erpobdellidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
48.	<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	Hirudinea – Glossiphonidae		+							
49.	<i>Hellobdella stagnalis</i> (Linnaeus 1758)	Hirudinea – Glossiphonidae						+			
Σ_{ukupno} = 36			18	14	14	21	9	17	12	6	9
Chelicerata											
50.	Hydracarina – nedeterminisane	Acari	+	+	+	+	+		+		+
Σ_{ukupno} = 1			1	1	1	1	1	0	1	0	1
Crustacea											
51.	<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schränk, 1803)	Decapoda – Astacidae			+						
52.	<i>Candona candida</i> (Müller, 1776)	Ostracoda – Cypridoidea	+	+		+					
53.	<i>Candona neglecta</i> Sars, 1887	Ostracoda – Cypridoidea	+								
54.	<i>Prionocypris zenkeri</i> (Chyzer & Toth, 1858)	Ostracoda – Cypridoidea	+								
55.	<i>Psychrodromus fontinalis</i> (Wolf, 1919)	Ostracoda – Cyprididae									+
56.	<i>Psychrodromus olivaceus</i> (Brady & Norman, 1889)	Ostracoda – Cyprididae									+
57.	<i>Gammarus balcanicus</i> Schaferna, 1922	Amphipoda – Gammaridae	+	+		+	+	+		+	+
58.	<i>Gammarus dulensis</i> S. Karaman, 1929	Amphipoda – Gammaridae	+	+							
59.	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	Amphipoda – Gammaridae			+		+	+	+	+	
60.	<i>Gammarus</i> sp. juv.	Amphipoda – Gammaridae					+				
Σ_{ukupno} = 10			5	3	2	2	3	2	1	2	3
Insecta – Ephemeroptera											
61.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+		+	+	+	+	+	+	+
62.	<i>Baetis (Baetis) alpinus</i> gr.	Ephemeroptera – Baetidae					+				

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
63.	<i>Baetis (Baetis) cf. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae	+		+	+	+		+	+	+
64.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	Ephemeroptera – Baetidae		+	+		+	+	+	+	
65.	<i>Baetis (Baetis) lutheri</i> gr.	Ephemeroptera – Baetidae	+								
66.	<i>Baetis (Baetis) melanonyx</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae			+		+			+	+
67.	<i>Baetis (Baetis) scambus</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Baetidae			+				+	+	
68.	<i>Baetis (Baetis) vernus</i> gr.	Ephemeroptera – Baetidae		+							+
69.	<i>Baetis (Nigrobaetis) muticus</i> (Linnaeus, 1758)	Ephemeroptera – Baetidae			+	+	+		+	+	+
70.	<i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
71.	<i>Baetis</i> sp.	Ephemeroptera – Baetidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
72.	<i>Caenis cf. luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	Ephemeroptera – Caenidae			+						
73.	<i>Caenis cf. rivulorum</i> Eaton, 1884	Ephemeroptera – Caenidae							+		
74.	<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	Ephemeroptera – Caenidae								+	+
75.	<i>Caenis moesta</i> Bengtsson, 1917	Ephemeroptera – Caenidae								+	
76.	<i>Caenis</i> sp.	Ephemeroptera – Caenidae			+						
77.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. forcipula</i> (Pictet, 1843)	Ephemeroptera – Heptageniidae							+	+	
78.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. torrentis</i> Kimmins, 1942	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+							
79.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) cf. venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+		+	+	+		+		
80.	<i>Ecdyonurus (Ecdyonurus) venosus</i> (Fabricius, 1775)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+					+		
81.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) cf. subalpinus</i> Klapalek, 1907	Ephemeroptera – Heptageniidae					+				+
82.	<i>Ecdyonurus (Helvetoraeticus) sp.</i>	Ephemeroptera – Heptageniidae			+		+				+
83.	<i>Ecdyonurus</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
84.	<i>Epeorus (Epeorus) assimilis</i> Eaton, 1885	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+		+	+	+
85.	<i>Epeorus (Ironopsis) yougoslavicus</i> (Samal, 1935)	Ephemeroptera – Heptageniidae								+	+
86.	<i>Ephemera (Ephemera) danica</i> Müller, 1764	Ephemeroptera – Ephemeridae	+	+	+	+	+		+	+	+
87.	<i>Ephemera lineata</i> Eaton, 1870	Ephemeroptera – Ephemeridae								+	
88.	<i>Ephemera</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemeridae			+	+	+		+		+
89.	<i>Ephemera vulgata</i> Linnaeus, 1758	Ephemeroptera – Ephemeridae						+		+	
90.	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
91.	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+	+	+	+			+	+	
92.	<i>Ephemerella</i> sp.	Ephemeroptera – Ephemerellidae	+		+	+	+	+	+	+	+
93.	Ephemerellidae - nedeterminisane	Ephemeroptera – Ephemerellidae					+		+		+
94.	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	Ephemeroptera – Leptophlebiidae	+		+		+				+

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
95.	<i>Habroleptoides</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae			+		+		+	+	+
96.	<i>Habrophlebia lauta</i> Eaton, 1884	Ephemeroptera – Leptophlebiidae								+	
97.	<i>Habrophlebia</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae			+	+					
98.	<i>Paraleptophlebia cincta</i> (Retzius, 1783)	Ephemeroptera – Leptophlebiidae								+	
99.	<i>Paraleptophlebia</i> sp.	Ephemeroptera – Leptophlebiidae			+	+		+			
100.	<i>Rhithrogena cf. braaschi</i> Jacob, 1974	Ephemeroptera – Heptageniidae				+	+				+
101.	<i>Rhithrogena cf. hercynia</i> Landa, 1969	Ephemeroptera – Heptageniidae							+		+
102.	<i>Rhithrogena cf. savoiensis</i> Alba-Tercedor & Sowa, 1987 (<i>diaphana</i> gr.)	Ephemeroptera – Heptageniidae							+		
103.	<i>Rhithrogena diaphana</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae							+		
104.	<i>Rhithrogena hybrida</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae			+		+		+		+
105.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+			+		+	+	
106.	<i>Rhithrogena semicolorata</i> gr.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+		+	+	+		+		+
107.	<i>Rhithrogena</i> sp.	Ephemeroptera – Heptageniidae	+	+	+	+	+	+	+		+
108.	<i>Siphonurus lacustris</i> (Eaton, 1870)	Ephemeroptera – Siphonuridae				+					
109.	<i>Torleya major</i> (Klapalek, 1905)	Ephemeroptera – Ephemerellidae			+	+	+		+	+	
Σ_{ukupno}= 49		Σ taksona po reci=	18	13	27	20	26	10	28	25	25
Insecta – Odonata											
110.	<i>Cordulegaster annulatus</i> (Latreille, 1804)	Odonata – Cordulegasteridae	+								
Σ_{ukupno}= 1		Σ taksona po reci=	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Insecta – Plecoptera											
111.	<i>Amphinemura borealis</i> (Morton, 1894)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae								+	
112.	<i>Amphinemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+				+		
113.	<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1836)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+		+	+			+
114.	<i>Brachyptera braueri</i> (Klapalek, 1900)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae								+	
115.	<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1896)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae	+			+	+				
116.	<i>Brachyptera seticornis</i> (Klapalek, 1902)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae			+				+		+
117.	<i>Brachyptera</i> sp.	Plecoptera - Taeniopterigidae – Brachipterinae			+				+	+	
118.	<i>Capnia</i> sp.	Plecoptera - Capniidae – Capniinae		+						+	+
119.	<i>Chloroperla</i> sp.	Plecoptera - Chloroperlidae – Chloroperlinae							+		
120.	<i>Dinocras cephalotes</i> (Curtis, 1827)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+			+	+	+
121.	<i>Dinocras megacephala</i> (Klapalek, 1907)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+		+		+	+

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
122.	<i>Dinocras</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae			+	+	+	+	+		+
123.	<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae								+	
124.	<i>Isoperla cf. buresi</i> Rauser, 1962	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae		+							
125.	<i>Isoperla cf. rivulorum</i> (Pictet, 1841)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae							+		+
126.	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761)	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae			+	+	+		+		+
127.	<i>Isoperla</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Isoperlinae			+	+	+		+		+
128.	<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+		+					+
129.	<i>Leuctra fusca</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+		+		
130.	<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+		+		+
131.	<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+				+		+		+
132.	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae			+		+				
133.	<i>Leuctra prima-hippopus-inermis</i> gr.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+		+	+	+		+		+
134.	<i>Leuctra</i> sp.	Plecoptera - Leuctridae – Leuctrinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
135.	<i>Nemoura cf. obtusa</i> Ris, 1902	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+		+	+					+
136.	<i>Nemurella pictetii</i> (Klapálek, 1900)	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae						+			
137.	<i>Nemoura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Nemourinae	+		+	+	+	+	+	+	+
138.	<i>Perla burmeisteriana</i> Claassen, 1936	Plecoptera - Perlidae – Perlinae		+		+				+	
139.	<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+		+	+	+
140.	<i>Perla pallida</i> Guerin, 1838	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+		+		+				+
141.	<i>Perla</i> sp.	Plecoptera - Perlidae – Perlinae	+	+	+	+	+		+		+
142.	<i>Perlodes dispar</i> (Rambur, 1842)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae								+	
143.	<i>Perlodes microcephalus</i> (Pictet, 1833)	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae			+				+		+
144.	<i>Perlodes</i> sp.	Plecoptera - Perlodidae – Perlodinae							+		+
145.	<i>Protonemura meyeri</i> (Pictet, 1841)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae								+	
146.	<i>Protonemura nitida</i> (Pictet, 1935)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae				+					+
147.	<i>Protonemura praecox</i> (Morton, 1894)	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae			+		+				+
148.	<i>Protonemura</i> sp.	Plecoptera - Nemouridae – Amphinemurinae	+		+	+	+		+		+
149.	<i>Siphonoperla</i> sp.	Plecoptera - Chloroperlidae – Chloroperlinae				+			+		
150.	<i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758)	Plecoptera - Taeniopterigidae – Taeniopteriginae									+

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
151.	<i>Taeniopteryx</i> sp.	Plecoptera - Taeniopterigidae – Taeniopteriginae								+	
Σ_{ukupno} = 41			13	7	22	19	17	6	21	14	25
Insecta – Coleoptera											
152.	<i>Amphiops</i> sp.	Coleoptera – Hydraenidae							+		
153.	<i>Dytiscus marginalis</i> Linnaeus, 1758	Coleoptera – Dytiscidae	+								
154.	<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
155.	<i>Halipilus confinis</i> Stephens, 1828	Coleoptera – Haliplidae						+			
156.	<i>Halipilus lineatocollis</i> (Marsham, 1802)	Coleoptera – Haliplidae				+					
157.	<i>Helochares</i> sp.	Coleoptera – Hydrophilidae		+							
158.	<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	Coleoptera – Hydraenidae	+	+	+	+	+		+	+	+
159.	<i>Hydrocyphon</i> sp.	Coleoptera – Scirtidae	+		+	+	+			+	
160.	<i>Limnius</i> sp.	Coleoptera – Elmidae						+	+	+	
161.	<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	Coleoptera – Gyrinidae	+		+		+		+	+	
162.	<i>Platambus</i> sp.	Coleoptera – Dytiscidae			+						
163.	<i>Pomatinus substriatus</i> (Müller, 1806)	Coleoptera – Dryopidae								+	
164.	<i>Stenelmis</i> sp.	Coleoptera – Elmidae	+	+	+	+	+		+	+	+
Σ_{ukupno} = 13			6	4	6	5	5	3	6	7	3
Insecta – Megaloptera											
165.	<i>Sialis fuliginosa</i> Pictet, 1836	Megaloptera – Sialidae	+							+	
Σ_{ukupno} = 1			1	0	0	0	0	0	0	1	0
Insecta – Diptera											
166.	<i>Antocha (Antocha) vitripennis</i> (Meigen, 1830)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+	+	+	+	+	
167.	<i>Atherix ibis</i> (Fabricus, 1798)	Diptera- Athericidae	+		+	+	+	+	+	+	+
168.	<i>Atherix marginata</i> (Fabricus, 1781)	Diptera- Athericidae	+		+	+	+	+	+	+	+
169.	<i>Bezzia</i> sp.	Diptera – Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
170.	<i>Blepharicera fasciata</i> (Westwood, 1842)	Diptera – Blephariceraeidae		+	+	+	+		+		+
171.	<i>Chrysopilus auratus</i> (Fabricus, 1805)	Diptera – Rhagionidae			+		+				
172.	<i>Chrysopilus cristatus</i> (Fabricus, 1775)	Diptera – Rhagionidae	+								
173.	<i>Clinocera nigra</i> Meigen, 1804	Diptera – Empididae	+		+	+	+	+	+	+	
174.	<i>Clinocera</i> sp.	Diptera – Empididae					+				
175.	<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)	Diptera - Tipuloidea - Pediciidae – Pediciinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
176.	<i>Dixa</i> sp.	Diptera – Dixidae			+						
177.	<i>Hemerodromia</i> sp.	Diptera – Empididae			+	+	+		+		+
178.	<i>Hemerodromia unilineata</i> Zetterstedt, 1842	Diptera – Empididae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
179.	<i>Hexatoma (Hexatoma) bicolor</i> (Meigen, 1818)	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+		+	+	+		+	+	+
180.	<i>Hexatoma</i> sp.	Diptera - Tipuloidea - Limoniidae – Limnophilinae	+	+	+	+		+			
181.	<i>Lianculus</i> sp.	Diptera – Empididae					+				

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
182.	<i>Limnophila</i> sp.	Diptera – Limoniidae	+	+	+	+	+		+		+
183.	<i>Limnophora riparia</i> (Fallen, 1824)	Diptera – Muscidae	+			+	+	+			
184.	<i>Nemotelus</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae					+	+			
185.	<i>Odontomyia</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae	+			+	+		+		
186.	<i>Ormosia</i> sp.	Diptera – Limoniidae						+			
187.	<i>Oxycea</i> sp.	Diptera – Stratiomyidae								+	
188.	<i>Pericoma</i> sp.	Diptera – Psychodidae	+			+					
189.	<i>Psychoda alternata</i> (Say, 1824)	Diptera – Psychodidae				+					
190.	<i>Psychoda</i> sp.	Diptera – Psychodidae			+			+			+
191.	<i>Tabanus</i> sp.	Diptera – Tabanidae	+	+	+	+		+	+	+	+
192.	<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae			+		+		+		+
193.	<i>Tipula</i> sp.	Diptera - Tipuloidea –Tipulidae	+			+	+	+		+	+
194.	<i>Tonnoiriella pulchra</i> (Eaton, 1893)	Diptera – Psychodidae	+		+	+		+	+		+
Σ_{ukupno}= 29		Σ taksona po reci=	17	8	18	19	19	15	15	11	14
Insecta – Simuliidae											
195.	<i>Prosimulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae				+					
196.	<i>Simulium (Eusimulium) aureum</i> Fries, 1824	Diptera – Simuliidae				+					
197.	<i>Simulium (Eusimulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+		+	+	+				+
198.	<i>Simulium (Simulium) argyreatum</i> Meigen, 1838	Diptera – Simuliidae			+				+		
199.	<i>Simulium (Simulium) intermedium</i> Roubaud, 1906	Diptera – Simuliidae			+						
200.	<i>Simulium (Simulium) maximum</i> (Knoz, 1961)	Diptera – Simuliidae				+	+				
201.	<i>Simulium (Simulium) noelleri</i> Friederichs, 1920	Diptera – Simuliidae				+					
202.	<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae	+	+			+		+		
203.	<i>Simulium (Simulium) reptans</i> (Linnaeus, 1758)	Diptera – Simuliidae			+						
204.	<i>Simulium (Simulium) sp.</i>	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+		+		+
205.	<i>Simulium (Simulium) variegatum</i> Meigen, 1818	Diptera – Simuliidae			+		+		+		
206.	<i>Simulium</i> sp.	Diptera – Simuliidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σ_{ukupno}= 12		Σ taksona po reci=	4	3	7	7	6	1	5	1	3
Insecta – Chironomidae											
207.	<i>Brillia bifida</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+	+		+	+
208.	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+		+	+	+
209.	<i>Chaetocladius dentiforceps</i> gr.	Chironomidae – Orthocladinae		+							
210.	<i>Chaetocladius melaleucus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladinae	+							+	
211.	<i>Chetocladius piger</i> gr.	Chironomidae – Orthocladinae					+				
212.	<i>Chironomus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+						
213.	<i>Cladotanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae –Tanytarsini		+							

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
214.	<i>Conchapelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	+	+		+	+	+
215.	<i>Conchapelopia melanops</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini	+		+	+	+	+	+	+	+
216.	<i>Corynoneura antenalis</i> (Kieffer, 1923)	Chironomidae – Orthocladinae			+		+				
217.	<i>Corynoneura coronata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladinae			+		+				
218.	<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	Chironomidae – Orthocladinae	+	+		+					+
219.	<i>Corynoneura scutellata</i> gr.	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+		+		
220.	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Orthocladinae				+	+	+	+	+	
221.	<i>Cricotopus (Cricotopus) tremulus</i> (Linnaeus, 1758)	Chironomidae – Orthocladinae				+					
222.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trianulatus</i> agg.	Chironomidae – Orthocladinae		+	+	+	+	+	+	+	+
223.	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladinae		+	+		+	+	+	+	
224.	<i>Demicryptochironomus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+		+				
225.	<i>Diamesa dampfi</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini			+						
226.	<i>Diamesa incallida</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini			+						
227.	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+		+	+	+
228.	<i>Diamesa</i> sp.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini		+	+			+	+		
229.	<i>Diamesa tonsa</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+		+	+					+
230.	<i>Diamesa zerny</i> gr.	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+	+	+	+	+		+		+
231.	<i>Endochironomus albipennis</i> Meigen, 1830	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+			+					
232.	<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+					
233.	<i>Epoicocladus flavens</i> (Malloch, 1915)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+		+		
234.	<i>Eukiefferiella brevicar</i> agg.	Chironomidae – Orthocladinae			+	+	+		+	+	+
235.	<i>Eukiefferiella cf. devonica</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+		+	+	
236.	<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	Chironomidae – Orthocladinae	+			+		+			
237.	<i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919)	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+		+	+	+
238.	<i>Eukiefferiella coerulescens</i> (Kieffer, 1926)	Chironomidae – Orthocladinae	+								
239.	<i>Eukiefferiella ilkleyensis</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+			+			+
240.	<i>Eukiefferiella lobifera</i> Goetghebuer, 1934	Chironomidae – Orthocladinae	+								
241.	<i>Eukiefferiella minor/fittakuy</i>	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+		+		
242.	<i>Eukiefferiella tirolensis</i> Goetghebuer, 1938	Chironomidae – Orthocladinae							+		
243.	<i>Heleniella ornatocolis</i> Edwards, 1929	Chironomidae – Orthocladinae		+			+	+	+		
244.	<i>Heterotrissocladus marcidus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladinae			+	+					
245.	<i>Limnophyes</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae			+						
246.	<i>Macropelopia adaucta</i> Kieffer, 1916	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini				+	+				

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
247.	<i>Macropelopia nebulosa</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae - Tanypodinae – Macropelopini	+	+	+			+			
248.	<i>Metriocnemus higropetricus</i> Kieffer, 1916	Chironomidae – Orthocladinae				+					
249.	<i>Metriocnemus hirticolis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladinae					+				
250.	<i>Micropsectra bidentata</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini		+	+		+				
251.	<i>Micropsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+	+	+	+	+	+	+	+
252.	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+		+	+	+		+	+	
253.	<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	Chironomidae – Orthocladinae	+		+	+	+		+	+	+
254.	<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	Chironomidae – Orthocladinae		+	+		+	+	+		
255.	<i>Natarsia</i> sp.	Chironomidae – Tanypodinae						+			
256.	<i>Nilotanypus dubius</i> (Meigen, 1804)	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini			+		+				
257.	<i>Odontomesa fulva</i> (Kieffer, 1919)	Chironomidae – Prodiamesinae							+		
258.	<i>Orthocladius (Eudactilocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+		+
259.	<i>Orthocladius (Euorthocladius) rivulorum</i> Kieffer, 1909	Chironomidae – Orthocladinae	+		+		+	+			
260.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
261.	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> sp1	Chironomidae – Orthocladinae		+		+	+				
262.	<i>Orthocladius (Orthocladius) frigidus</i> (Zetterstedt, 1838)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
263.	<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
264.	<i>Orthocladius (Sympesiocladius) lignicola</i> Kieffer, 1914	Chironomidae – Orthocladinae	+								
265.	<i>Paracladopelma laccophila</i> (Kieffer, 1922)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini							+		
266.	<i>Paracladopelma laminatum</i> (Kieffer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+						
267.	<i>Paracladopelma nigrifulum</i> (Goetghebuer, 1942)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini					+			+	
268.	<i>Paracricotopus</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae	+				+		+	+	
269.	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
270.	<i>Paratanytarsus austriacus</i> (Kieffer, 1924)	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini		+	+						
271.	<i>Paratanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+								
272.	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+			+		+		
273.	<i>Paratendipes nudisquama</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+		+				
274.	<i>Paratrachocladus rufiventris</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+		+
275.	<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladinae			+		+	+		+	
276.	<i>Phaenopsectra</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini				+					
277.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) cf. tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+		+		+				
278.	<i>Polypedilum (Pentapedilum) uncinatum</i> (Goetghebuer, 1921)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+				+				

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
279.	<i>Polypedilum (Polypedilum) albicorne</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+		+	+			
280.	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+	+	+	+	+	+	+
281.	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+	+		+				
282.	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+		+	+		+	+	+	
283.	<i>Polypedilum (Polypedilum) tritum</i> (Walker, 1856)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini						+			
284.	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schränk, 1803)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini	+	+		+					
285.	<i>Pothastia gaedii</i> (Meigen, 1838)	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini		+			+	+			
286.	<i>Pothastia longimana</i> Kieffer, 1922	Chironomidae - Diamesinae – Diamesini	+		+	+	+	+	+	+	+
287.	<i>Procladius</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Procladini				+					
288.	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	Chironomidae – Prodiamesinae		+	+	+	+	+	+	+	+
289.	<i>Psectrocladius barbimanus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae				+					
290.	<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladinae						+			
291.	<i>Psectrocladius platypus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae					+				
292.	<i>Rheocricotopus (Psilocricotopus) chalybeatus</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae			+				+		
293.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) effusus</i> (Walker, 1856)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+		+			+	
294.	<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
295.	<i>Rheopelopia</i> sp.	Chironomidae - Tanypodinae – Pentaneurini				+					
296.	<i>Rheosmittia spinicornis</i> (Brundin, 1956)	Chironomidae – Orthocladinae				+					
297.	<i>Rheotanytarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+	+			+				
298.	<i>Saetheria</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Chironomini		+							
299.	<i>Stictochironomus pictulus</i> (Meigen, 1830)	Chironomidae – Chironominae						+			
300.	<i>Symbiocladius rhithrogenae</i> (Zavrel, 1924)	Chironomidae – Orthocladinae					+				
301.	<i>Synorthocladus semivirens</i> (Kieffer, 1909)	Chironomidae - Chironominae – Chironomini			+		+		+	+	+
302.	<i>Tanitarsus</i> sp.	Chironomidae - Chironominae – Tanytarsini	+		+	+	+		+		
303.	<i>Tanypus dubius</i> Meigen, 1804	Chironomidae - Tanypodinae – Tanypodini			+	+					
304.	<i>Thienemanniella acuticornis</i> (Kieffer, 1912)	Chironomidae – Orthocladinae	+				+				
305.	<i>Thienemanniella clavicornis</i> agg.	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
306.	<i>Thienemannimyia</i> sp.	Chironomidae – Orthocladinae								+	
307.	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+		+	+	+
308.	<i>Tvetenia discoloripes</i> (Goetghebuer & Thienemann, 1936)	Chironomidae – Orthocladinae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σ_{ukupno} = 102		Σ taksona po reci =	49	38	63	45	59	33	42	33	28

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
	Insecta – Trichoptera										
309.	<i>Adicella</i> sp.	Trichoptera – Leptoceridae						+			
310.	<i>Agapetus fuscipes</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Glossosomidae								+	
311.	<i>Agapetus</i> sp.	Trichoptera – Glossosomidae		+			+				
312.	<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+		+				+
313.	<i>Brachycentrus montanus</i> Klapalek, 1892	Trichoptera – Brachycentridae									+
314.	<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Brachycentridae				+			+		
315.	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae					+		+	+	
316.	<i>Drusus botosaneanui</i> Kumanski, 1968	Trichoptera – Limnephilidae				+					+
317.	<i>Ecclisopteryx</i> cf. <i>keroveci</i> Previšić, Graf & Vitecek, 2014	Trichoptera – Limnephilidae					+				
318.	<i>Glossosoma boltoni</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Glossosomidae					+				
319.	<i>Glossosoma conforme</i> Neboiss, 1963	Trichoptera – Glossosomidae				+	+			+	
320.	<i>Glossosoma intermedium</i> (Klapalek, 1892)	Trichoptera – Glossosomidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+
321.	<i>Glossosoma</i> sp.	Trichoptera – Glossosomidae	+			+	+				
322.	<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)	Trichoptera – Glossosomidae				+	+			+	+
323.	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Goeridae	+			+	+		+	+	+
324.	<i>Goera</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+	+	+	+	+		+		+
325.	<i>Halesus digitatus</i> (von Paula Schrank, 1781)	Trichoptera – Limnephilidae								+	
326.	<i>Halesus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae		+	+						+
327.	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+	+	+	+	+
328.	<i>Hydropsyche contubernalis</i> McLachlan, 1865	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+		+	+	+
329.	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+		+	+	+
330.	<i>Hydropsyche</i> sp.	Trichoptera – Hydropsychidae	+			+	+	+	+		+
331.	<i>Hydroptila</i> cf. <i>sparsa</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Hydroptilidae					+		+		
332.	<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	Trichoptera – Hydroptilidae		+							
333.	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	Trichoptera – Lepidostomatidae				+	+		+		+
334.	<i>Leptocerus</i> sp.	Trichoptera – Leptoceridae				+	+		+		+
335.	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	Trichoptera – Leptoceridae				+	+		+		+
336.	<i>Limnephilus decipiens</i> (Kolenati, 1848)	Trichoptera – Limnephilidae								+	
337.	<i>Limnephilus</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+			+		+
338.	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Trichoptera – Goeridae	+	+	+		+		+		
339.	<i>Lithax</i> sp.	Trichoptera – Goeridae	+	+					+		
340.	<i>Micrasema longulum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Brachycentridae	+	+		+	+		+	+	
341.	<i>Micrasema</i> sp.	Trichoptera – Brachycentridae						+			
342.	<i>Micropterna lateralis</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae						+			
343.	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	Trichoptera – Odontoceridae						+			+
344.	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	Trichoptera – Philopotamidae				+	+	+			+
345.	<i>Philopotamus</i> sp.	Trichoptera – Philopotamidae				+			+		+

Nastavak table 1. Zbirni prikaz identifikovanih taksona.

	Rod/Vrsta	Taksonomska pripadnost	CR	ML	RA	RD	RČ	RŠ	ST	TR	VR
346.	<i>Plectrocnemia</i> sp.	Trichoptera – Polycentropodidae		+							
347.	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	Trichoptera – Polycentropodidae	+			+				+	
348.	<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+		+				+	
349.	<i>Potamophylax latipennis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+					+
350.	<i>Potamophylax rotundipennis</i> (Brauer, 1857)	Trichoptera – Limnephilidae			+						
351.	<i>Potamophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+	+	+	+	+			+	+
352.	<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis, 1834)	Trichoptera – Rhyacophilidae						+			
353.	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Trichoptera – Rhyacophilidae	+				+	+		+	
354.	<i>Rhyacophila glareosa</i> McLachlan, 1867	Trichoptera – Rhyacophilidae								+	
355.	<i>Rhyacophila laevis</i> Pictet, 1834	Trichoptera – Rhyacophilidae								+	
356.	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+		+	+	+
357.	<i>Rhyacophila obliterata</i> McLachlan, 1863	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+		+	+	+
358.	<i>Rhyacophila pascoei</i> McLachlan, 1879	Trichoptera – Rhyacophilidae								+	
359.	<i>Rhyacophila polonica</i> McLachlan, 1879	Trichoptera – Rhyacophilidae								+	
360.	<i>Rhyacophila</i> sp.	Trichoptera – Rhyacophilidae	+	+	+	+	+	+	+		+
361.	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834	Trichoptera – Rhyacophilidae						+		+	
362.	<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	Trichoptera – Sericostomatidae	+	+	+	+	+		+	+	+
363.	<i>Sericostoma schneideri</i> (Kolenati, 1848)	Trichoptera – Sericostomatidae						+			
364.	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Trichoptera – Goeridae	+	+			+	+		+	
365.	<i>Silo</i> sp.	Trichoptera – Goeridae									+
366.	<i>Stenophylax</i> sp.	Trichoptera – Limnephilidae	+		+	+			+		+
367.	<i>Thremma anomalum</i> McLachlan, 1876	Trichoptera – Uenoidae				+					
Σ_{ukupno}= 59		Σ taksona po reci=	24	19	25	27	26	13	23	26	27
Insecta – Hymenoptera											
368.	<i>Agriotypus armatus</i> Curtis, 1832	Apocrita – Ichneumonidae	+	+	+	+	+	+	+		+
Σ_{ukupno}= 1		Σ taksona po reci=	1	1	1	1	1	1	1	0	1

BIOGRAFIJA AUTORA

Katarina Z. Stojanović (devojačko prezime Bjelanović) rođena je 23.05.1982. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu i srednju školu. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2001/2002 godine na studijskoj grupi Biologija. Diplomirala je 2009. godine sa prosečnom ocenom 9,50. Doktorske akademske studije upisala je školske 2009/2010 godine na modulu Morfologija, sistematika i filogenija životinja. U periodu od 2010. do 2011. godine bila je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Od 2011. godine zaposlena je na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu kao istraživač pripravnik, a od 2013. godine sa zvanjem istraživača saradnika.

Učestvuje u realizaciji praktičnog dela kurseva “Sistematika i filogenija beskičmenjaka” i “Životne zajednice slatkovodnih beskičmenjaka” na katedri za Zoologiju beskičmenjaka i entomologiju na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Tokom dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada uzela je učešće u realizaciji dva nacionalna projekta finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (TR 20047 i TR 31075) i jednom međunarodnom projektu.

Samostalno ili u koautorstvu objavila je 14 naučnih radova i 31 saopštenje na domaćim ili inostranim konferencijama.

Govori engleski jezik. Udata je i ima jedno dete.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписана Катарина З. Стојановић

број уписа Б3101/2009

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Утицај пастрмских рибњака на заједнице макрзообентоса текућица са посебним освртом на ларве рода *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 06.02.2017.

Катарина Стојановић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Катарина З. Стојановић

Број уписа Б3101/2009

Студијски програм Морфологија, систематика и филогенија животиња

Наслов рада Утицај пастрмских рибњака на заједнице макрзообентоса текућица са посебним освртом на ларве рода *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)

Ментор др Ивана Живић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Биолошки факултет

Потписани Катарина З. Стојановић

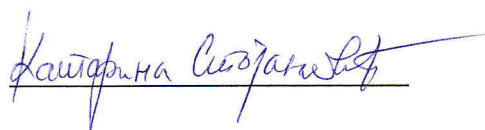
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 06.02.2017.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Утицај пастрмских рибњака на заједнице макрзообентоса текућица са посебним освртом на ларве рода *Baetis* (Ephemeroptera, Insecta)

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

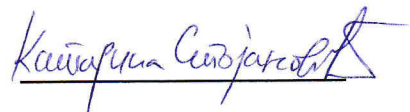
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 06.02.2017.



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.