

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Nataša Z. Popović

**EKOLOŠKA ANALIZA ZAJEDNICA  
SLATKOVODNIH  
MAKROBESKIČMENJAKA TRI TIP  
TEKUĆIH VODA NA PODRUČJU  
BEOGRADA**

doktorska disertacija

Beograd, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Nataša Z. Popović

**ECOLOGICAL ANALYSIS OF AQUATIC  
MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES  
IN THREE TYPES OF RUNNING  
WATERS IN BELGRADE REGION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

## **MENTORI I ČLANOVI KOMISIJE**

### **Mentori:**

dr Momir Paunović, viši naučni saradnik, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Univerzitet u Beogradu

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

### **Komisija:**

dr Ivana Živić, vanredni profesor, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Dragana Miličić, docent, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Datum odbrane \_\_\_\_\_

# *Zahvalnica*

Ova doktorska disertacija je urađena u laboratorijama Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Univerziteta u Beogradu, u okviru projekta „Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeoheimijskih anomalija“, ON 176018, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, pod rukovodstvom dr Milke Vidović.

Analize fizičkih i hemijskih karakteristika vode i sedimenta urađene su u laboratorijama Gradskog zavoda za javno zdravlje u Beogradu i ovom prilikom se zahvaljujem dr Miroslavu Tanaskoviću i ostalim kolegama iz „Zavoda“ na pomoći, a posebno kolegi i prijatelju Aljoši Tanaskoviću.

Neizmerno se zahvaljujem svojim mentorima dr Momiru Paunoviću i dr Jasmini Krpo-Ćetković, na podsticaju i pomoći u obradi rezultata istraživanja i korisnim sugestijama, čime su značajno doprineli da ova disertacija poprimi svoju konačnu formu. Zahvalnost dugujem i članovima Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije, dr Ivani Živić i dr Dragani Miličić.

Zahvalnost na podršci i dobroj radnoj atmosferi dugujem svojim uvek veselim kolegama sa odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Bojani Tubić, Jeleni Tomović, Božici Vasiljević, Ani Atanacković, Katarini Zorić, Vesni Đikanović, Jeleni Đuknić, Jeleni Čanak-Atlagić, Mariji Ilić, Margareti Kračun-Kolarević, Vanji Marković, Stefanu Andusu i Nikoli Marinković. Boko hvala na pomoći oko identifikacije.

Želim da se zahvalim Martinu Spiesu, Zoologische Staatssammlung München, na korisnim savetima i rešavanju taksonomskih nedoumica oko vrsta iz familije Chironomidae.

Za podršku i pomoć u statističkoj obradi podataka, zahvalna sam dr Zoranu Gačiću sa Instituta za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu.

Zahvaljujem se kolegama Vladimiru Kalafatiću, Najdi Milenković-Milovanović i dr Vesni Martinović-Vitanović, sa kojima sam započela svoj rad na institutu.

Posebnu zahvalnost dugujem Maji Raković, koleginici, kumi, a pre svega prijatelju, na pomoći u prikupljanju i obradi materijala, na pruženoj pomoći i podršci tokom pisanja ovog rada kao i za sve prethodne godine koje smo podelile.

Hvala i mom drugaru i kolegi dr Vladimiru Jovanoviću, uvek spremnom da prodiskutuje i pomogne u rešavanju raznih problema i nedoumica.

Najveće hvala dugujem dr Anđeljku Petroviću - Debeli hvala ti na bezuslovnoj pomoći, svakom savetu i trenutku koji si posvetio meni i ovom radu.

I naravno, veliku zahvalnost dugujem svojoj porodici, Nemanja i Marko beskrajno vam hvala na ljubavi i strpljenju, mami, tati i Sanji koji su uvek bili tu za sve, tetki i teći na strpljenju jer da nije bilo njih danas verovatno ne bih imala priliku da budem autor ovog rada.

# **Ekološka analiza zajednica slatkovodnih makrobeskičmenjaka tri tipa tekućih voda na području Beograda**

## **REZIME**

Proučavanjem zajednica akvatičnih makrobeskičmenjaka tekućih voda na području Beograda u periodu 2007-2011. godina zabeleženo je 115 taksona iz 48 porodica, 8 klasa i 5 razdela. Istraživani vodotoci nalaze se pod velikim antropogenim stresom i prema važećem Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Službeni glasnik RS 74/2011), svrstani su u tri tipa i to: tip 1, vrlo velike ravničarske reke sa dominacijom finog nanosa – Dunav i Sava; tip 2, velike reke sa dominacijom srednje krupnog nanosa – Kolubara; i tip 3, male i srednje velike reke nadmorske visine do 500 m sa dominacijom krupnog nanosa – Topčiderska i Železnička reka. Istraživanja su vršena od 2007. do 2011. godine u periodu visokih voda (maj/jun) i niskih voda (septembar/oktobar). Takođe je korišćen i materijal prikupljen u periodu od 1996. do 2000. godine od strane istraživača laboratorije Odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković" Univerziteta u Beogradu.

U tipu 1 vodotoka na području Beograda zabeležena su 63 taksona u Dunavu i 43 u Savi, sa dominacijom oligoheta. Najveći broj taksona zabeležen je u tipu 2 vodotoka, 78 taksona u Kolubari, sa dominacijom insekatske komponente u zajednici. U tipu 3 vodotoka, u Topčiderskoj i Železničkoj reci, zabeleženo je 25, odnosno 36 taksona, pri čemu je u Topčiderskoj reci dominirala grupa oligoheta, dok su u Železničkoj reci najveći udeo u zajednici imale hironomide. Poređenjem sa rezultatima prethodnih istraživanja, analizirane su promene u sastavu i strukturi zajednica u istraživanim tokovima.

Rezultati multivarijantne analize ukazuju da je karakterističnoj distribuciji vrsta u sva tri tipa istraživanih vodotoka u najvećoj meri doprineo hemijski sastav sedimenta. Fizički i hemijski parametri vode su takođe, u velikoj meri, pokazali uticaj na zajednice akvatičnih beskičmenjaka. Uočeno je da je u velikim rekama efikasnije razmatrati vezu zajednice akvatičnih beskičmenjaka i višemesečne prosečne vrednosti fizičkih i hemijskih parametara vode, dok su u manjim vodotocima bujičnog karaktera trenutno izmerene vrednosti pokazale veći uticaj na zajednice akvatičnih beskičmenjaka.

U toku istraživanja zabeležene su 34 vrste iz porodice Chironomidae. Najveći broj zabeleženih vrsta je iz potporodice Chironominae. U tipu 1 vodotoka dominirale su vrste *Polypedilum scalaenum*, *Einfeldia pagana*, *Chironomus riparius* i *Ch. gr. plumosus*, koje su pelofilne i karakteristične za rečni potamal. U tipu 2 vodotoka, dominantne su *Procladius* sp., *C. riparius* i *Polypedilum scalaenum*, dok u tipu 3 vodotoka dominiraju vrste iz rodova *Chironomus* i *Cricotopus*. Vrste *Chironomus riparius*, *Ch. gr. plumosus*, *Procladius* sp. i *Cricotopus sylvestris* zajedničke su za sva tri tipa vodotoka.

Rezultati multivarijantne analize pokazuju da postoji jaka veza između zajednice hironomida i karakteristika sedimenta, naročito prisustva Zn, Pb i PAH. Među analiziranim parametrima vode se, kao najznačajniji faktori koji utiču na distribuciju hironomida u sva tri tipa vodotoka na području grada, izdvajaju nutrijenti ( $\text{NH}_3$  i  $\text{NO}_2$ ) i kiseonični parametri, dok u velikim rekama distribuciji hironomida značajno doprinosi i providnost vode.

**KLJUČNE REČI:** Beograd, akvatični makrobeskičmenjaci, Chironomidae, antropogeni pritisak, fizičko-hemijske karakteristike vode, hemijske karakteristike sedimenta

**NAUČNA OBLAST:** Ekologija

**UŽA NAUČNA OBLAST:** Hidroekologija

**UDK BROJ:** [556.531:574.587]:57.04 (043.3)

# **Ecological analysis of aquatic macroinvertebrate communities in three types of running waters in Belgrade region**

## **ABSTRACT**

During the survey of the communities of aquatic macroinvertebrates of rivers and streams in Belgrade region 115 taxa from 48 families, 8 classes and 5 phyla were detected. These waterbodies are under a high anthropogenic stress and, based on the Regulation on the parameters of the ecological and chemical status of surface waters and the parameters of the chemical and quantitative status of groundwater (Official Gazette of RS 74/2011), they are classified into three types: Type 1, large lowland rivers with the domination of fine bottom sediments – the Danube and the Sava River; Type 2, large rivers with the domination of medium sized sediments – the Kolubara River; and Type 3, small to medium sized rivers at elevation of up to 500 m, with the domination of the hard bottom substrate – the Topčiderska River and the Železnička River. The research was carried out from 2007 to 2011, in the period of high water levels (May/June) and of low water levels (September/October). Additional material, collected from 1996 to 2000 by researchers from the laboratory of the Department of Aquatic Ecology of the Institute for Biological Research "Siniša Stanković" of the University of Belgrade, was also included in the analyses.

In the Type 1 watercourses in Belgrade region, 63 taxa were recorded in the Danube and 43 in the Sava River, with Oligochaeta as the dominant group. The largest number of taxa were identified in the Type 2 watercourses, 78 taxa in the Kolubara River, with the dominance of the insect component of the community. In the Type 3 watercourses, in the Topčiderska River and the Železnička River, 25 and 36 taxa were recorded, respectively. While Oligochaeta prevailed in the Topčiderska River, Chironomidae were the dominant group in the Železnička River. Changes in the composition and structure of communities in the studied streams were observed following the comparison with the previous findings.

The results of a multivariate analysis indicate that the chemical composition of the sediment largely contributed to the characteristic distribution of species in all three investigated watercourses. Physical and chemical parameters of water also showed a significant impact on communities of aquatic invertebrates. Our results suggest that it is more effective to analyse the relation of the average values of chemical parameters across several months and macroinvertebrate assemblages in the case of large rivers, while for smaller size



watercourses of torrential character, the current values of chemical parameters were better correlated with these communities and had a greater impact on them.

During the survey 34 species from the Chironomidae family were recorded. The largest number of recorded species belonged to the subfamily Chironominae. In the Type 1 watercourses, dominant species were *Polypedilum scalaenum*, *Einfeldia pagana*, *Chironomus riparius* and *Ch. gr. plumosus*, which are pelophylous and characteristic for the river potamal. In the Type 2 watercourses, dominant species were *Procladius* sp., *Ch. riparius* and *Polypedilum scalaenum*, while in the Type 3 watercourses, the dominant species were from the genus *Chironomus* and *Cricotopus*. *Ch. riparius*, *Ch. gr. plumosus*, *Procladius* sp. and *Cricotopus sylvestris* are common for all three types of watercourses.

The results of the multivariate analyse show that there is a strong connection between the chironomid community and the sediment characteristics, in particular the presence of Zn, Pb, and PAHs. Nutrients (NH<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub>) and oxygen parameters emerge as the most important factors among the analysed water parameters for the distribution of Chironomidae in all three types of watercourses in the city area, while in the large rivers, the distribution of Chironomidae is significantly influenced by the water transparency.

**KEY WORDS:** Belgrade, aquatic macroinvertebrates, Chironomidae, anthropogenic pressure, physico-chemical water quality parameters, chemical properties of sediment

**RESEARCH AREA:** Ecology

**RESEARCH FILED:** Aquatic ecology

**UDC NUMBER:** [556.531: 574.587]: 57.04 (043.3)

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Porodica Chironomidae.....	3
1.1.1. Životni ciklus.....	3
1.1.2. Morfološke odlike larvi hironomida.....	4
1.1.3. Ekološki značaj larvi hironomida.....	6
1.1.4. Diverzitet i brojnost hironomida.....	6
1.2. Prethodna istraživanja.....	7
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	8
3. MATERIJAL I METODE.....	10
3.1. Područje istraživanja.....	11
3.2. Metode uzorkovanja i određivanja fizičkih i hemijskih parametara vode i sedimenta.....	15
3.3. Metode uzorkovanja i identifikacije akvatičnih beskičmenjaka.....	17
3.4. Obrada materijala.....	19
4. REZULTATI.....	21
4.1. Fizičke i hemijske karakteristike vode i sedimenta istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina.....	22
4.1.1. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Dunavu.....	22
4.1.2. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Savi.....	24
4.1.3. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Kolubari.....	26
4.1.4. Fizičke i hemijske karakteristike vode Topčiderske reke.....	28
4.1.5. Fizičke i hemijske karakteristike vode Železničke reke.....	28
4.1.6. Mikropolutanti u sedimentu istraživanog dela Dunava.....	30
4.1.7. Mikropolutanti u sedimentu istraživanog dela Save.....	32

4.1.8. Mikropolutanti u sedimentu istraživnog dela Kolubare .....	34
4.1.9. Mikropolutanti u sedimentu istraživnog dela Topčiderske i železničke reke.....	35
4.2. Faunistički sastav istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina.....	36
4.2.1. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Dunav u periodu 2007-2011. godina .....	45
4.2.2. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Save u periodu 2007-2011. godina .....	48
4.2.3. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Kolubare u periodu 2007-2011. godina .....	52
4.2.4. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Topčiderske reke u periodu 2007-2011. godina .....	56
4.2.5. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Železničke reke u periodu 2007-2011. godina .....	58
4.3. Analiza zajednica u odnosu na sredinske parametre .....	60
4.3.1. Analiza uticaja hemijskog sastava vode na zajednice akvatičnih beskičmenjaka .....	61
4.3.2. Analiza uticaja hemijskog sastava sedimenta na zajednice akvatičnih beskičmenjaka .....	75
4.4. Faunistički sastav istraživanih tokova u periodu 1996-2000. godina.....	82
4.4.1. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Dunav u periodu 1996-2000. godina .....	84
4.4.2. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Save u periodu 1996- 2000. godina .....	87
4.4.3. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Kolubare u periodu 1996- 2000. godina .....	89
4.4.4. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Topčiderske reke u periodu 1996-2000. godina .....	91

4.4.5. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Železničke reke u periodu 1996-2000. godina .....	92
4.4.5.1. Diverzitet zajednica i saprobiološka analiza Topčiderske i Železničke reke u periodu 1996-2000. godina.....	93
4.5. Sastav i struktura zajednice Chironomidae istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina .....	94
4.5.1. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Dunava u periodu 2007-2011. godina .....	96
4.5.2. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Save u periodu 2007-2011. godina .....	98
4.5.3. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Kolubare u periodu 2007-2011. godina.....	100
4.5.4. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u Topčiderskoj reci u periodu 2007-2011. godina .....	102
4.5.5. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u Železničkoj reci u periodu 2007-2011. godina .....	104
4.6. Analiza uticaja sredinskih faktora na zajednicu hironomida u periodu 2007-2011. godina .....	106
4.6.1. Uticaj hemijskog sastava vode na zajednicu hironomida.....	106
4.6.2. Uticaj hemijskog sastava sedimenta na zajednicu hironomida .....	118
5. DISKUSIJA .....	120
6. ZAKLJUČAK.....	135
7. LITERATURA .....	139
PRILOZI.....	156

# 1. UVOD

Ljudske naseobine su se od drevnih vremena razvijale u rečnim dolinama. Čovek je, gradeći naselja kraj reka, od najranijih vremena menjao morfologiju korita i vodni režim vodotokova, prilagođavajući ih potrebama civilizacije. Pod uticajem različitih fizičkih, hemijskih i bioloških faktora dolazilo je do promena karakteristika akvatičnih ekosistema. Čovek utiče na morfologiju, hidrologiju, hemizam, floru i faunu akvatičnih staništa (Paul & Meyer 2001, Walsh *et al.* 2005), što dovodi do promena funkcionalnosti ekosistema. Posledica različitih antropogenih pritisaka ogleda se u smanjenju izvorne biološke raznovrsnosti vodenih ekosistema.

Bentosni beskičmenjaci predstavljaju akvatične organizme koji barem jedan deo svog životnog ciklusa provode na dnu vodenih staništa. U zavisnosti od veličine tela, dele se na mikrozoobentos, čija je veličina tela manja od 62  $\mu\text{m}$ , mejozoobentos, čije su dimenzije tela u rasponu od 62  $\mu\text{m}$  do 0,5 mm, i makrozoobentos, tj. akvatične beskičmenjake vidljive golim okom veličine tela veće od 0,5 mm (Simić i Simić 2009).

Akvatični beskičmenjaci različito reaguju na promene abiotičkih i biotičkih faktora okruženja. Različita osetljivost na sredinske pritiske čini veliki broj vrsta dobrim pokazateljima stanja akvatičnih ekosistema (Mandeville 2002), a sastav i struktura zajednica jasno ukazuju na fazu razvoja, odnosno na stepen trofije ekosistema.

Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednica akvatičnih makrobeskičmenjaka u značajnoj je meri određen sredinskim faktorima, kao što su granulometrijske karakteristike podloge, brzina strujanja vode (Hynes 1970, Peeters & Gardeniers 1998), fizičke i hemijske osobine vode (Hellowell 1986), kvalitet sedimenta (Phipps *et al.* 1995, Chapman *et al.* 1997), itd. Izmene sredinskih faktora često su posledica dejstva čoveka, te struktura zajednica zavisi i od intenziteta antropogenog uticaja.

Dosadašnja istraživanja zajednica makrobeskičmenjaka pokazuju da značajan udeo u bentofauni imaju larve hironomida (Diptera: Chironomidae), koje se često predstavljaju kao ključna grupa u zajednici (Armitage *et al.* 1995, Péry *et al.* 2004, Čerba *et al.* 2010, Čerba *et al.* 2011, Milošević *et al.* 2012, Milošević *et al.* 2013, Milošević *et al.* 2014), kako zbog broja prisutnih vrsta (raznovrsnosti) i gustine populacija, tako i zbog svoje bioindikatorske uloge. Ova porodica insekata, međutim, često je zanemarena zbog poteškoća u identifikaciji do nivoa vrste.

## 1.1. Porodica Chironomidae

Chironomidae su u filogenetskom smislu, relativno primitivna grupa insekata reda Diptera (podred Nematocera), srodna sa porodicama Culicidae i Ceratopogonidae (Sæther 2000a). To je široko rasprostranjena insekatska grupa čije se vrste nalaze u svim tipovima voda, od malih brdsko-planinskih potoka, preko ravničarskih reka, pa sve do bara i jezera. Ima ih i u morima ali i na kopnu, i naseljavaju sve kontinente.

### 1.1.1. Životni ciklus

Chironomidae kao i svi holometabolni insekti prolaze kroz četiri faze životnog ciklusa. Nakon parenja ženka položi jaja i ugine, čime počinje prva faza životnog ciklusa nove generacije jedinki. Jaja hironomida su manje ili više izdužena, dužine su od 0,15 do 0,6 mm. Boja horiona se menja kroz različite faze razvoja jaja. Jaja većine vrsta raspoređena su u nizove između dva sloja želatinoznog matriksa (Armitage 1995). Najčešće ženka polaže jednu želatinoznu masu jaja uz obalu, i to u zonama sa razvijenom vegetacijom. Želatinozni matriks postepeno upija vodu, postaje teži i tone na dno (Vallenduuk & Moller Pillot 2007). Larva se razvija nakon nekoliko dana (2-6 dana), nakon čega počinje da se hrani. Larva u svom razviću prolazi kroz četiri stupnja (Pinder 1986, Armitage 1995). Rast, razvoj i fekunditet zavise od temperature vode. Na primer, u hladnim i hranom siromašnim arktičkim vodama, larva se razvija sporo i prezimljava više puta pa životni ciklus traje i do 7 godina (Butler 1982). Kada larva dostigne zrelost, postepeno prelazi u stadijum pupe, pri čemu se odvija čitav niz morfoloških promena, što može trajati od nekoliko sati do nekoliko dana. Pupa izlazi na površinu vode, gde se vrši preobražaj u adulta. Adulti žive kratko, pare se i u tom periodu se ne hrane (Armitage 1995).

### 1.1.2. Morfološke odlike larvi hironomida

Telo larve čine tri regiona: glava, toraks i abdomen, a ukupna dužina larve u četvrtom stupnju larvalnog stadijuma kreće se od 2 (*Rheosmittia*) do oko 30 mm (*Camptochironomus*). Glava, odnosno glavena kapsula, sklerotizovana je i neretraktilna, može biti različito obojena. Larve hironomida poseduju proste oči koje su raspoređene lateralno, a njihov broj (1-3 para) kao i položaj, imaju taksonomski značaj.

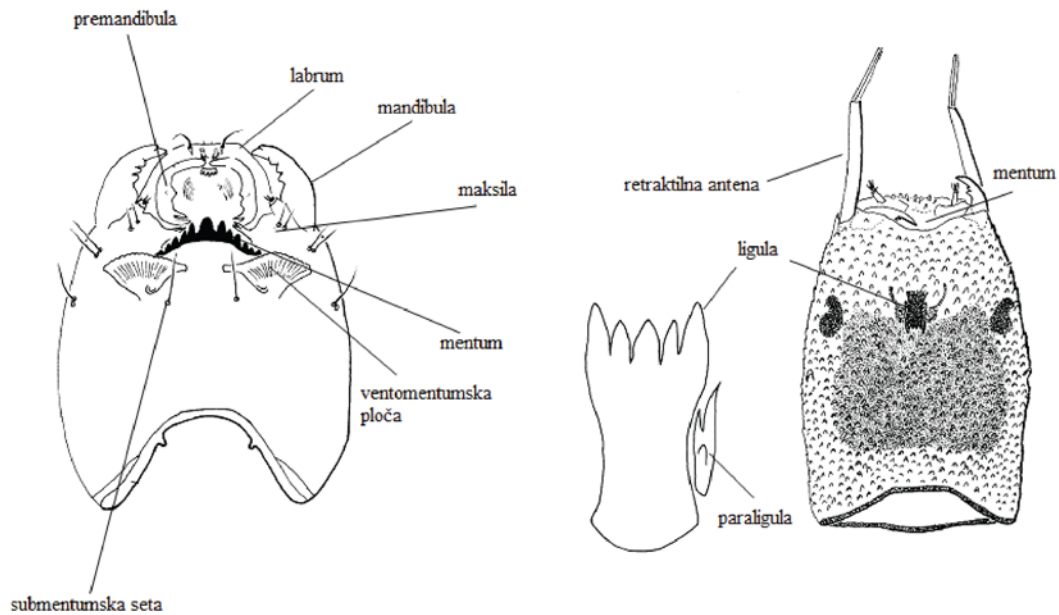


Slika 1. Broj i položaj očiju kod hironomida kao taksonomski karakter: Tanypodinae, Chironominae i Orthoclaadiinae (s leva na desno) (Madden 2010).

Većina vrsta iz potporodice Orthoclaadiinae ima veće zadnje i manje prednje oko, Tanypodinae imaju jedno oko bubrežastog oblika, dok Chironomini imaju 2-3 manja oka otprilike iste veličine, orijentisana u trouglastu (3 oka), odnosno vertikalnu (dva oka) ravan (Slika 1). Na glavi se nalaze antene, građene od 4-8 segmenata i mogu biti kraće ili duže od glavene kapsule. Antene su retraktilne samo kod potporodice Tanypodinae. Vrste tribusa Tanytarsini se odlikuju karakterističnim kitnjastim antenama.

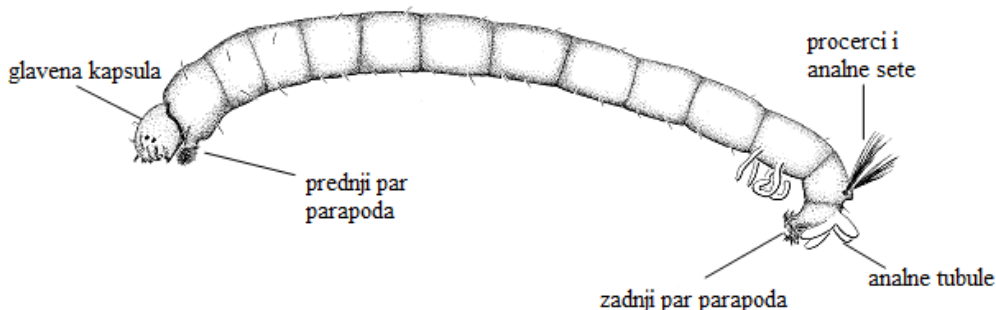
Mandibule mogu imati nekoliko zubića (kod herbivora i detritivora) ili samo jedan terminalni zub (kod predatora). Mentum je dobro razvijen i kod većine vrsta ima sklerotizovan zub, osim kod Tanypodinae gde ligula preuzima ulogu mentuma. Oblik, obojenost glavene kapsule, submentum, kao i izgled antena, mandibula i oblik i položaj očiju značajni su identifikacioni karakteri (Slika 2).





Slika 2. Shematski prikaz građe glavene kapsule, Chironominae (levo) i Tanypodinae (desno) (modifikovano po Epler 2001).

Toraks ima tri segmenta. Prvi segment obično nosi par parapoda, lažne nožice po kojima se larve hironomida izdvajaju od ostalih Nematocera. Abdomen ima 9 segmenata. Zadnji segment nosi par parapoda, četiri (ređe šest) analne tubule (analne papile) i par proceraka, sa dve lateralne i grupe dužih apikalnih seta. Neke vrste rodova *Chironomus*, *Einfeldia*, *Glyptotendipes* imaju 1-2 para ventralnih tubula na osmom abdominalnom segmentu (Slika 3).



Slika 3. Opšti plan građe larve Chironominae (modifikovano po Epler 2001).

Larve hironomida nemaju specijalizovane organe za disanje, što znači da su im traheje zatvorene i respiracija se obavlja preko površine tela. Većina hironomida nije u stanju da reguliše unos kiseonika i u potpunosti su zavisne od koncentracije ovog gasa u okolnoj vodi (Lindegaard 1997). Najveći broj vrsta iz potporodice Chironominae poseduje hemoglobin u krvi, što im omogućava usvajanje kiseonika i u uslovima manje koncentracije u okruženju. Zbog toga Chironominae dominiraju u zajednici hironomida – često i u čitavoj fauni dna, na staništima sa smanjenom koncentracijom kiseonika.

### 1.1.3. Ekološki značaj larvi hironomida

Larve, lutke i adulti hironomida jesu značajna komponenta u lancima ishrane, jer su u okviru ove porodice zastupljeni svi tipovi ishrane, ali su dominantne one vrste koje se hrane struganjem algi, kao i detritivori i predatori (Bode *et al.* 1996, Barbour *et al.* 1999, Moog 2002); a sa druge strane predstavljaju izvor hrane krupnijim beskičmenjacima, ribama, vodozemcima i pticama. Iako su hironomide pretežno malih dimenzija tela, velika abundanca i relativno velik broj generacija čine ih veoma značajnim izvorom hrane za konzumente na višem trofičkom nivou.

### 1.1.4. Diverzitet i brojnost hironomida

Neke procene ukazuju da familija Chironomidae ima preko 15.000 vrsta, ali takve pretpostavke treba još ispitati. Identifikacija hironomida dugo je bila sputana velikim brojem loših opisa vrsta u prvoj polovini XX veka, kada je u Evropi bilo opisano 2.000 vrsta. Kasnije, kritičkim revizijama taj broj je sveden na oko 1.000 vrsta (Fittkau & Reiss 1978, Ashe & Cranston 1990). I danas je fauna hironomida nedovoljno poznata, naročito u južnoj Evropi gde veliki broj vrsta nije opisan. Najbolje je proučena fauna hironomida severne Evrope.

Porodica Chironomidae klasifikovana je na 11 potporodica i 22 tribusa, 339 rodova i više od 4.000 opisanih vrsta (Ferrington 2008). Značajan doprinos analizama filogenetskih odnosa, zoogeografske distribucije i taksonomskoj analizi vrsta iz

porodice Chironomidae dali su između ostalih, Ashe *et al.* (1987), Cranston (1995), Sæther (2000 a, b), Spies (2005 a, b) i Moller Pillot (2009).

## 1.2. Prethodna istraživanja

Veliki značaj makrozoobentosa za funkcionisanje akvatičnih ekosistema podstakao je i veći broj istraživanja ove grupe u našoj zemlji (detaljan pregled istraživanja dat je u: Simić 1993, Živić 2005, Miljanović 2006). Najveći broj istraživanja, međutim, obuhvatio je samo pojedinačne, obično manje tekućice, vrlo često samo u odnosu na jednu ili nekoliko taksonomskih grupa makrobeskičmenjaka, dok su proučavanja celokupnog naselja dna pojedinih reka brdsko-planinskog karaktera bila retka (Filipović 1965, Baračkov 1973, Simić 1993, Marković 1995, Konta 1997, Strahinić 2000, Miljanović 2001, Paunović 2001, Đikanović 2007), a velikih ravničarskih reka, npr. Save, Tise i Dunava (Martinović-Vitanović *et al.* 1999a, Martinović-Vitanović *et al.* 1999b, Paunović *et al.* 2004, Martinović-Vitanović *et al.* 2006, Paunović *et al.* 2007, Paunović *et al.* 2008, Martinović-Vitanović *et al.* 2013, Tubić *et al.* 2013) a celih slivova (Živić 2005) još ređa.

U Srbiji, poslednja sistematska istraživanja zajednice hironomida sprovedena su tokom prošlog veka (Janković 1966, 1967, 1969, 1973, 1974, 1975 a, b, 1978, 1979, 1981, 1982, 1985), i s obzirom da postoji jaz od 25 godina, dalja istraživanja hironomidne faune u zajednici makrobeskičmenjaka imaju poseban značaj, kako u faunističkom, tako i u ekološkom pogledu (Płóciennik *et al.* 2012, Milošević *et al.* 2012, Milošević 2013, Milošević *et al.* 2013, Milošević *et al.* 2014).

Imajući u vidu ove činjenice, dalja istraživanje akvatičnih makrobeskičmenjaka tekućih voda, posebno u uslovima visokog antropogenog stresa, svakako će predstavljati doprinos poznavanju, kako faune makrozoobentosa u vodama Srbije, tako i porodice Chironomidae, ekoloških karakteristika većeg broja vrsta, kao i njihovih reakcija na različite tipove i intenzitet stresnih faktora u okruženju.

## **2.CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

Istraživanja su obuhvatila tekuće vode na području Beograda koje su pod velikim antropogenim stresom, i koje su prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Službeni glasnik RS 74/2011) svrstane u tri tipa (tip 1 – velike nizijske reke, tip 2 – velike reke i tip 3 – mali i srednji vodotoci). Ekološka analiza zajednica slatkovodnih makrobeskičmenjaka ova tri tipa tekućih voda na području Beograda realizovana je sa sledećim ciljevima:

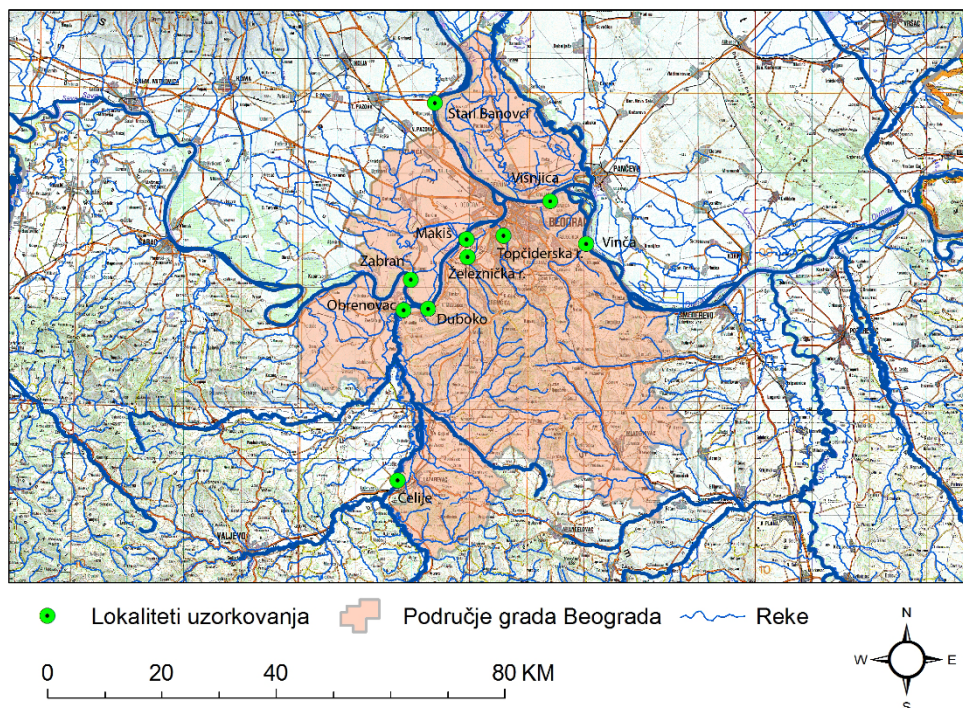
- izrada spiska vrsta vodenih makrobeskičmenjaka ispitivanih vodotokova sa posebnim osvrtom na porodicu Chironomidae;
- analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zastupljenih u tri tipa tekućih voda;
- analiza zavisnosti zajednica akvatičnih beskičmenjaka od parametara okruženja;
- analiza zajednica hironomida zastupljenih u sva tri tipa tekućih voda;
- analiza zavisnosti zajednica hironomida od parametara okruženja;
- razmatranje ekoloških karakteristika zabeleženih vrsta hironomida i
- razmatranje uloge akvatičnih beskičmenjaka i hironomida u sistemu procene ekološkog statusa tri tipa tekućih voda na području Beograda.

### **3. MATERIJAL I METODE**

### 3.1. Područje istraživanja

Oblast grada Beograda zauzima površinu od 3.224 km<sup>2</sup> i administrativno je podeljena na 17 gradskih opština sa 1.659.440 stanovnika ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Na području Beograda Dunav protiče u dužini od 60 km, od Starih Banovaca do Grocke, a Sava u dužini od 63 km, uzvodno od Obrenovca do ušća u Dunav ([www.plovput.rs](http://www.plovput.rs)). Dužina rečnih obala Beograda iznosi 200 km. Hidrografsku mrežu Beograda čine Dunav i Sava i značajan broj manjih tokova. Najveća pritoka Save u ovom sektoru jeste reka Kolubara, dok na pretežno brdovitom terenu dominiraju stalni vodotokovi Topčiderske i Železničke reke (Slika 4). Ovi vodotokovi su veoma promenljivog protoka i u vreme naglih i obilnih padavina poprimaju bujični karakter ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)).

**Topčiderska reka** je desna pritoka Save, u koju se uliva u Beogradu. Dužina sliva Topčiderske reke iznosi 26,9 km, a površina 157 km<sup>2</sup> i zahvata četiri gradske opštine – Savski Venac, Voždovac, Čukaricu i Rakovicu (oko 160.000 stanovnika). Ovo je izrazito zagađen vodotok koji prima neprečišćene sanitarne otpadne vode iz brojnih stambenih objekata u priobalju i seoskih domaćinstava, kao i tehnološke otpadne vode iz industrije rakovičkog basena. Topčiderska reka, u značajnom delu toka ima betonsko korito, tako da je izgubila karakteristike prirodnog vodotoka ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Uzorci su prikupljeni na jednom lokalitetu: most kod hipodroma (N 44°47'54" E 20°25'51"). Položaj lokaliteta uzorkovanja izabran je tako da se može detektovati kumulativno zagađenje, ali je udaljenost od ušća dovoljna da bi se izbegao uticaj uspora reke Save. Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Topčiderska reka pripada tipu 3 odnosno, grupi malih i srednjih vodotoka nadmorske visine do 500 m, sa dominacijom krupne podloge (Službeni glasnik RS 74/2011).



Slika 4. Lokaliteti uzorkovanja

**Železnička reka** je desna pritoka Save, u koju se uliva kod Belih voda, lokalnog je karaktera, zbog malog proticaja i ograničenog slivnog područja. Značaj Železničke reke za Beograd proizilazi iz činjenice da ona donjim tokom, koji je kanalisan, protiče kroz Makiško polje, u kome se već preko 100 godina nalaze duboko bušeni bunari i "Reni" bunari beogradskog vodovoda (šira i uža zona sanitarne zaštite izvorišta – [www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Uzorci su prikupljeni na jednom lokalitetu: most kod fabrike "Lola" (N 44°43'38" E 20°22'13"). Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Železnička reka pripada tipu 3 odnosno, grupi malih i srednjih vodotoka nadmorske visine do 500 m, sa dominacijom krupne podloge (Službeni glasnik RS 74/2011).

**Kolubara** je najveća i vodom najbogatija desna pritoka Save, na teritoriji Beograda. Desetak kilometara nizvodno od njenog ušća u Savu počinje zona zaštite izvorišta beogradskog vodovoda ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Uzorci su prikupljeni na dva lokaliteta: kod sela Čelije (N 44°22'36,17" E 20°12'35,24") i kod Obrenovca (N



44°39'12" E 20°13'27"). Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Kolubara je svrstana u tip 2, odnosno tip velikih reka sa dominacijom srednjeg nanosa, izuzev reka Panonske nizije (Službeni glasnik RS 74/2011).

**Sava** je po protoku (1.772 m<sup>3</sup>/s) najveća pritoka Dunava, dužina toka na području grada iznosi 62 km i protiče kroz gusto naseljenu oblast. Recipijent je otpadnih voda, a ujedno i najveće i najznačajnije izvorište beogradskog vodovoda ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Uzorci su prikupljeni na tri lokaliteta: Zabran (N 44°40'06" E 20°14'40"), Duboko (N 44°44'06" E 20°18'14") i Makiš (N 44°45'34" E 20°21'24"), odakle se voda iz Save direktno zahvata za potrebe vodosnabdevanja. Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Sava pripada tipu 1 odnosno, velikim nizijskim rekama sa dominacijom finog nanosa (Službeni glasnik RS 74/2011).

**Dunav** je ravničarska reka, čiji protok kod Beograda iznosi oko 5.000 m<sup>3</sup>/s. Desna obala korita Dunava od Starih Banovaca do Zemuna je visoka, skoro vertikalno zasečena i podložna obrušavanju, dok je leva obala niska, sa čestim plavljenjem, erodiranjem terena i naknadnim deponovanjem aluvijalnog nanosa. Duž cele obale na levoj dolinskoj strani urađen je veštački odbrambeni nasip. Dunav u Beogradu prima vodu iz Save i opterećen je brojnim izvorima organskog zagađenja, kao što su komunalne i industrijske vode ([www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)). Uzorci su uzeti na tri lokaliteta: Stari Banovci (N 44°55'21" E 20°19'23"), Višnjica (N 44°49'54" E 20°32'10") nizvodno od ušća Save i u Vinči (N 44°46'09" E 20°37'30") u neposrednoj blizini vodozahvata. Prema važećem Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Dunav pripada tipu 1 odnosno, velikim nizijskim rekama sa dominacijom finog nanosa (Službeni glasnik RS 74/2011).

Na osnovu procene stepena antropogenog pritiska, svi istraživani lokaliteti klasifikovani su u dve grupe – lokaliteti koji su pod manjim antropogenim pritiskom (Zabran, Duboko, Makiš, Stari Banovci i Čelije) i oni koji su narušeni, odnosno pod

većim antropogenim pritiskom (Višnjica, Vinča, Obrenovac, Topčiderska i Železnička reka). Ocena stepena antropogenog pritiska izvršena je na osnovu procene hidromorfoloških karakteristika (HYMO), nivoa organskog zagađenja, nivoa nutrijenata i hazardnih supstanci (Tabela 1), prema Prostornom planu Beograda (2003), Planu upravljanja Dunavom (2003) i podacima Zajedničkog istraživanja reke Dunav (ICPDR – JDS2).

Tabela 1. Lokaliteti sa kojih su uzorci prikupljeni, tip vodotoka (Službeni glasnik RS 74/2011) i procena antropogenog pritiska istraživanih lokaliteta (1 - nizak, 2 – srednji i 3 – visok nivo) (Prostorni plan Beograda – Službeni list grada Beograda br. 27/03, Plan upravljanja Dunavom – [www.dunavskastrategija.rs](http://www.dunavskastrategija.rs), ICPDR – JDS2 – [www.icpdr.org](http://www.icpdr.org))

	Tip vodotoka	HYMO	Organsko zagađenje	Nutrijenti	Hazardne i druge supstance	Ocena antropogenog pritiska
Sava Zabran	1	2	2	2	2	2
Sava Duboko	1	2	2	2	2	2
Sava Makiš	1	2	2	2	2	2
Dunav S. Banovci	1	2	2	2	2	2
Dunav Višnjica	1	2	3	2	3	3
Dunav Vinča	1	2	3	3	3	3
Kolubara Čelije	2	2	2	2	2	2
Kolubara Obrenovac	2	2	3	3	3	3
Železnička reka	3	3	3	3	3	3
Topčiderska reka	3	3	3	3	3	3

### 3.2. Metode uzorkovanja i određivanja fizičkih i hemijskih parametara vode i sedimenta

Uzorci vode za analizu fizičkih i hemijskih parametara uzimani su Friedingerovom bocom zapremine 3 litra, sa dubine od 0,5 m sa svih istraživanih lokaliteta prateći standarde APHA-AWWA-WEF 1995, SRPS ISO 5667-2:1997, SRPS ISO 5667-4:1997, SRPS ISO 5667-6:1997, SRPS EN ISO 5667-3:2007, SRPS EN ISO 5667-1:2008, za Dunav, Savu i Kolubaru, dok su za Topčidersku i Železničku reku uzorci vode uzeti direktno u boce neposredno ispod površine vode. Uzorci su prikupljeni jednom mesečno u periodu od marta do decembra, od 2007. do 2011. godine.

Uzorci površinskog sedimenta uzeti su bagerom tipa Van Veen, zahvatne površine 270 cm<sup>2</sup>, za vreme niskih voda (septembar/oktobar) od 2007. do 2011. godine. Uzorkovanje sedimenta urađeno je na osnovu sledećih standarda: SRPS ISO 5667-2:1997, ISO 5667-15:1999, SRPS ISO 5667-12:2005, SRPS EN ISO 5667-3:2007, SRPS EN ISO 5667-1:2008. Uzorak sedimenta je za analizu pripremljen mokrim fragmentisanjem destilovanom vodom, odvajanjem frakcije manje od 63 µm, i prosejavanjem na uređaju za frakcionisanje sedimenta. Klasifikacija neorganskog supstrata vršena je vizuelnom procenom *in situ* i u laboratoriji, na osnovu veličine mineralnih čestica (Wentworth 1922).

U toku istraživanja, na terenu su analizirani sledeći parametri: temperatura vode (Tem) (°C), pH, rastvoreni kiseonik (O<sub>2</sub>) (mg/l) i elektrolitička provodljivost (Ele) (µS/cm na 20°C), korišćenjem multiparametarske sonde Horiba W-23XD (HORIBA Instruments Incorporation, USA), (0,5 m ispod površine vode). Providnost vode (Trans) Dunava, Save i Kolubare kod Obrenovca, merena je pomoću Secchi diska.

Detaljna analiza uzoraka vode izvršena je korišćenjem standardnih metoda i tehnika (SRPS ISO, ISO, EPA i SMEWW), u laboratoriji Gradskog zavoda za javno zdravlje u Beogradu. Analizirani su sledeći parametri: alkalitet (Alk) (mg/l) CaCO<sub>3</sub> (EPA metod 310.1), ukupna tvrdoća (Tvr) (mg/l) CaCO<sub>3</sub> (EPA 130.2), suspendovane materije (Sus) (mg/l) (SMEWW 19th metoda 2540 D), suvi ostatak na 105°C (Suv) (mg/l) (SMEWW 19th metoda 2540 B), petodnevna biološka potrošnja kiseonika (BPK<sub>5</sub>) (mg/l O<sub>2</sub>) (SRPS ISO 5813:1994, SRPS EN 1899-2:2009), hemijska potrošnja kiseonika (HPK) (mg/l O<sub>2</sub>) (SRPS ISO 6060:1990), amonijačni azot (NH<sub>3</sub>) (mg/l) (PRI

P-V-2A), nitritni azot (NO<sub>2</sub>) (mg/l) (PRI P-V-32/A), nitratni azot (NO<sub>3</sub>) (mg/l) (EPA 300.1), ukupni azot (mg/l) N (ISO 10048:1991, SRPS EN 12260:2008), ukupni fosfati (Tot P) (mg/l) (EPA 207. Rev 5, SRPS ENISO 6878:2008), totalni organski ugljenik (Tot C) (mg/l) (SRPS ISO 8245:1994), hloridi (Cl) (mg/l) (SRPS ISO 9297: 1994), sulfati (SO<sub>4</sub>) (mg/l) (EPA 300.1); metali (mg/l): cink (Zn), bakar (Cu), nikl (Ni), olovo (Pb), kadmijum (Cd), arsen (As), gvožđe (Fe) (EPA 207. Rev 5, EPA 200.8), živa (Hg) (EPA 245.1). Analizu su obuhvatili i deterdženti (mg/l) ABS (SMEWW 16th metoda 512 B), fenoli (mg/l) (SRPS ISO 6439:1997) i mineralna ulja (indeks ugljovodonika C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) (mg/l) (SRPS ENISO 9377-2:2009). Tokom 2010. i 2011. godine, analizirani su i sledeći parametri (mg/l): aluminijum (Al), barijum (Ba), berilijum (Be), kalcijum (Ca), kobalt (Co), kalijum (K), litijum (Li), magnezijum (Mg), mangan (Mn), molibden (Mo), natrijum (Na), stroncijum (Sr), titan (Ti), vanadijum (V) i silikati (SiO<sub>2</sub>) (EPA 207. Rev 5, EPA 200.8).

Analiza uzoraka sedimenta izvršena je korišćenjem standardnih metoda (SRPS ISO, ISO, EPA), u laboratoriji Gradskog zavoda za javno zdravlje u Beogradu. Analizirani su sledeći parametri: sadržaj vlage (%) (SRPS ISO 11465:2002); pH vrednost (SRPS ISO 10390:2007); sadržaj metala (mg/kg): As, Cu, Zn, ukupni Cr, Cd, Ni, Pb (EPA 3050 B (postupak A) 1996, SRPS ISO 11466:2004, EPA 200.72001) i Hg (EPA 245.1); pesticidi (µg/kg): DDT+DDE+DDD, lindan, aldrin, endrin, dieldrin, HCH (α,β,δ), heptahlor, heptahlorepoxid, alahlor, heksahlorbenzol, atrazin, simazin, propazin, trifluralin, dihlorbenil (ISO 10382:2002); policiklični aromatični ugljovodonici (µg/kg): antracen, benzo (a) antracen, benzo (k) fluoranten, benzo (a) piren, krizen, fenantren, fluoranten, indeno (1,2,3-c,d) piren, naftalen, benzo (g,h,i) perilen (ISO 18287: 2006), ukupni PAH – odnosi se na sumu prethodno navedenih 10 policikličnih aromatičnih ugljovodonika; acenaftilen, acenaften, fluoren, piren, benzo (b) fluoranten, dibenzo (a,h) antracen (ISO 18287: 2006); polihlorovani bifenili (µg/kg): PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, ukupni PCB-suma prethodno navedenih PCB (ISO 10382:2002); mineralna ulja (indeks ugljovodonika C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) (mg/kg).

### 3.3. Metode uzorkovanja i identifikacije akvatičnih beskičmenjaka

Uzorci faune dna prikupljeni su u u periodu od 2007. do 2011. godine. Korišćen je i ranije prikupljen materijal od strane istraživača laboratorije Odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković", u periodu od 1996. do 2000. godine. U toku oba ciklusa istraživanja uzorci su prikupljeni za vreme visokih voda (maj/jun) i niskih voda (septembar/oktobar), pomoću bentosne mreže "kick-netting" tipa (promer okca 500  $\mu\text{m}$ ), Surberove mreže (promer okca 250  $\mu\text{m}$ ), Van Veenovog bagera zahvatne površine 270  $\text{cm}^2$ , kao i Ekmanovog bagera zahvatne površine 225  $\text{cm}^2$ . U slučaju manjih vodotokova, uzorci su prikupljeni kvalitativno, sa svih dostupnih staništa ("multihabitat sampling procedure") (APHA-AWWA-WEF 1995, SRPS ISO 5667:1997, SRPS ISO 7828:1997). Iz uzorka su mehanički uklanjani delovi substrata većih dimenzija, uz ispiranje, kako bi se smanjila zapremina uzorka. Ispiranjem kroz sito promera okaca 200  $\mu\text{m}$ , akvatični beskičmenjaci izdvojeni su iz sedimenta, čime je dodatno smanjena količina materijala u uzorku. Uzorci su fiksirani 4% formaldehidom i zatim transportovani u laboratoriju. Sortiranje i determinacija organizama obavljani su upotrebom stereo mikroskopa i binokularne lupe Krüss, Nemačka, i mikroskopa Opton, Nemačka.

Identifikacija većine uzoraka je izvršena do nivoa vrste, a gde to nije bilo moguće, do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa, upotrebom sledeće literature: Bole (1969), Brinkhurst & Jamieson (1971), Lellak (1980), Wiederholm (1983), Sladeček & Košel (1984), Elliot *et al.* (1988), Edington & Hildrew (1995), Pescador *et al.* (1995), Nilsson (1996a, b), Timm (1999), Maschwitz & Cook (2000), Pflieger (2000), Epler (2001), Glöer (2002), Glöer & Meier-Brook (2003), Killeen *et al.* (2004), Korniusshin (2004).

Nomenklatura i klasifikacija u ovom radu prikazane su u skladu sa "Faunom Evrope" (Fauna Europea - FE, verzija 2.6.2) (de Jong 2013). Za niže taksonomske kategorije (rod, vrsta), i ukoliko nije bilo poklapanja sa FE, primenjivana je klasifikacija po AQEM (2002) i AQEM-STAR taxa-listi (Schmidt-Kloiber *et al.* 2006). Iako su za neke grupe predložene i druge klasifikacione sheme, primenjeni sistem u ovom radu

jedini omogućava upotrebu softverskih paketa neophodnih za analizu sastava i strukture zajednice u ispitivanim rekama.

### 3.4. Obrada materijala

Pri analizi sastava i strukture zajednica korišćen je veći broj parametara izračunatih pomoću softverskog paketa ASTERICS 3.1.1. (AQEM 2002). Primenjena je indikatorska lista koju je sačinio Moog (2002). Za procenu ekološkog statusa korišćeni su sledeći pokazatelji: indeks saprobnosti (SI; Zelinka–Marvan 1961), zatim ukupan broj taksona (N), procena diverziteta na osnovu Shannonovog indeksa diverziteta ( $H'$ ), Margalefovog indeksa (M) i Simpsonovog indeksa diverziteta (S) kao i indeksa ujednačenosti (E). Navedeni indeksi diverziteta izračunati su po formulama:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left( \frac{n_i}{A} \right),$$

gde je  $A$  ukupan broj jedinki u uzorku, a  $n_i$  broj jedinki  $i$ -te vrste

$$M = \frac{i - 1}{\ln(A)},$$

gde je  $A$  ukupan broj jedinki u uzorku, a  $i$  ukupan broj taksona

$$S = 1 - \sum_i \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{A \cdot (A - 1)},$$

gde je  $A$  ukupan broj jedinki u uzorku, a  $n_i$  broj jedinki  $i$ -te vrste

$$E = H' / \ln(t),$$

gde je  $H'$  Shannonov indeks diverziteta, a  $t$  ukupan broj taksona u uzorku.

Analizirani su tipovi ishrane i preferencija ka određenom tipu staništa, brzini toka, podloge, kao i zastupljenost organizama sa preferencijom prema određenoj zoni rečnog toka. Učestalost pojavljivanja u zajednici, odnosno frekvenca ( $0 < F < 1$ ) izračunata je po formuli  $F = n / N$ , gde je  $n$  broj uzoraka u kojima je zabeležena određena vrsta, a  $N$  ukupan broj uzoraka.

Sezonske razlike u strukturi zajednice analizirane su pomoću neparametarskih analiza – Mann-Whitney test ( $p < 0,05$ ) i Kruskal-Wallis test ( $p < 0,05$ ) (Karadžić & Marinković 2009), upotrebom statističkog programa PAST, verzija 2.14 (Hammer *et al.* 2001).

Za razmatranje odnosa između lokaliteta, kao i povezanosti promena u sastavu zajednica dna akvatičnih beskičmenjaka i ekoloških (abiotičkih) faktora korišćene su korespondentna analiza (CA), detrendovana korespondentna analiza (DCA) i kanonijsko korespondentna analiza (CCA) (ter Braak & Prentice 1988, ter Braak & Verdonschot 1995, Leps & Smilauer 2003), pomoću statističkog programa PAST, verzija 2.14 (Hammer *et al.* 2001). Odabir najznačajnijih sredinskih faktora urađen je prethodnom analizom sredinskih faktora ("Forward Selection" analizom – FS), uz korišćenje Pearsonovog korelacionog testa. Monte Carlo permutacioni test (999 permutacija,  $p < 0,05$ ) urađen je kako bi se proverila statistička značajnost sume svih eigen-vrednosti pomoću statističkog programa FLORA verzija 2013 (Karadžić & Marinković 2009, Karadžić 2013).

FS analizom urađen je odabir sredinskih faktora iz dva seta podataka: prvi set obuhvata tromesečni prosek vrednosti izmerenih dva meseca ranije i u trenutku uzorkovanja faune dna, dok drugi set podataka obuhvata vrednosti izmerene u trenutku uzimanja uzorka faune dna.

Parametri koji su imali vrednosti ispod praga detekcije za datu metodu, u statističku analizu uneti su kao polovina praga detekcije za datu metodu za svaki od zabeleženih parametara (Skorić *et al.* 2012).

Rezultati analiziranih parametara vode i sedimenta tumačeni su na osnovu Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Službeni glasnik RS 74/2011).



## **4. REZULTATI**

#### 4.1. Fizičke i hemijske karakteristike vode i sedimenta istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina

##### 4.1.1. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Dunavu

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Dunavu na području Beograda u periodu 2007-2011. godina prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Dunavu na području Beograda, u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Stari Banovci		Višnjica		Vinča	
	min	max	min	max	min	max
Analizirani parametar						
Providnost vode (m)	0,20	1,40	0,20	0,95	0,10	1,60
Temperatura vode (°C)	5,50	26,90	6,50	28,40	3,40	29,70
pH vrednost	7,70	8,80	7,60	8,60	7,70	8,60
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	260	540	300	440	290	430
Alkalitet ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	117,50	214,50	128,50	208	129,50	210
Ukupna tvrdoća ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	135,70	273,20	150,90	255,40	138,40	242,90
Suspendovane materije ( $\text{mg}/\text{l}$ )	8	60	2	79	2	62
Suvi ostatak na 105°C ( $\text{mg}/\text{l}$ )	168	334	180	289	246	290
Rastvoreni kiseonik ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	5,50	13,90	4,60	12	4,20	11,80
Procenat zasićenja kiseonikom (%)	71	150	62	139	48	136
BPK <sub>5</sub> ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	0,60	5,10	1	6,10	0,40	3,97
HPK ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	1,50	4,70	1	5,60	1,30	5,60
Amonijačni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,05	0,48	0,05	1,21	0,05	0,93
Nitritni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,005	0,045	0,011	0,056	0,009	0,053
Nitratni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,60	6,50	0,70	6	0,30	6,90
Ukupni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	1,50	6,80	1,59	6,80	0,60	7,11
Ukupni fosfati ( $\text{mg}/\text{l P}$ )	0,02	0,107	0,03	0,223	0,018	0,115
TOC ( $\text{mg}/\text{l}$ )	1,70	5,47	1,91	6,53	1,63	5,47
Hloridi ( $\text{mg}/\text{l Cl}$ )	12,40	33,70	10,50	20,30	6,70	58,10
Sulfati ( $\text{mg}/\text{l SO}_4$ )	25	47,40	21,20	31,60	13,30	39,20
Zn ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,0021	0,027	0,001	0,033	0,001	0,258
Cu ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,011	0,001	0,014	0,001	0,01
Ni ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
As ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,007	0,001	0,002	0,001	0,004
Pb ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cd ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Hg ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fe ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,005	1,34	0,008	0,892	0,007	0,882
Deterdženti ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fenoli ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ukupni ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,07	0,07	<0,05	<0,05	0,06	0,28

Rezultati analize teških i toksičnih metala u vodi reke Dunav na području Beograda ukazuju da su koncentracije Ni, Pb, Cd i Hg bile ispod praga detekcije za primenjenu metodu atomske apsorpcione spektrometrije. Koncentracija Zn kretala se od 0,001 mg/l (Višnjica i Vinča) do 0,258 mg/l (Vinča), Cu od 0,001 mg/l (na svim mernim tačkama) do 0,014 mg/l (Višnjica), dok je koncentracija Fe varirala u širokom opsegu, od 0,005 mg/l do 1,34 mg/l (obe vrednosti za lokalitet Stari Banovci). As je zabeležen u koncentraciji od 0,001 mg/l (na svim lokalitetima) do 0,007 mg/l (Stari Banovci). U toku ovog istraživanja, isparljivi fenoli nisu registrovani u ispitivanim uzorcima vode iz Dunava, a takođe je i koncentracija anjonskih deterdženata bila ispod praga detekcije (<0,02 mg/l) za primenjenu metodu. Mineralna ulja (indeks ugljovodonika C10-C40) bila su prisutna u opsegu koncentracija <0,050,07 mg/l (Višnjica) do 0,28 mg/l (Vinča).

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da voda Dunava na području Beograda odgovara okvirima II klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka, sa povremenim odstupanjima koja pojedine delove toka Dunava svrstavaju u granice III do V klase ekološkog statusa. Najveća odstupanja zabeležena su kod koncentracije suspendovanih materija, što je posledica izlivanja otpadnih voda na lokalitetu Višnjica, dok je na lokalitetu Stari Banovci ovo posledica erozionih procesa, što odgovara V klasi ekološkog statusa. Povremeno se beleži pojava smanjenja količine rastvorenog kiseonika i povećanja BPK5 i koncentracije azotnih jedinjenja, što lokalitete Višnjica i Vinča svrstava u granice III-IV klase ekološkog statusa za dati tip vodotoka. ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

## 4.1.2. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Savi

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Savi na području Beograda u periodu 2007-2011. godina prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Savi na području Beograda, u periodu 2007-2011 godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Zabran		Duboko		Makiš	
	min	max	min	max	min	max
Analizirani parametar						
Providnost vode (m)	0,20	2,90	0,20	2,50	0,10	2,20
Temperatura vode (°C)	6,30	30,10	6,80	30,20	3,50	30,70
pH vrednost	7,90	8,50	7,90	8,40	7,80	8,50
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	290	500	290	500	280	480
Alkalitet ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	147,5	249	142,5	211,1	140	206,1
Ukupna tvrdoća ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	164,30	252,50	157,20	254,10	150,60	250,60
Suspendovane materije ( $\text{mg}/\text{l}$ )	1	142	1	160	1	124
Suvi ostatak na 105°C ( $\text{mg}/\text{l}$ )	164	357	168	353	161	335
Rastvoreni kiseonik ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	6,50	10,90	6,40	11	5,90	12,90
Procenat zasićenja kiseonikom (%)	74	133	74	129	71	161
BPK <sub>5</sub> ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	0,10	3,28	0,4	2,10	0,30	4,20
HPK ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	1,40	5,90	1,20	6,50	0,60	5,30
Amonijačni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,05	0,60	0,05	0,32	0,015	0,38
Nitritni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,004	0,036	0,005	0,037	0,004	0,04
Nitratni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,60	2,30	0,60	1,70	0,50	5,60
Ukupni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,70	2,46	0,80	2,15	0,80	5,65
Ukupni fosfati ( $\text{mg}/\text{l P}$ )	0,024	0,09	0,024	0,09	0,02	0,14
TOC ( $\text{mg}/\text{l}$ )	1,54	4,26	1,76	4,45	1,64	4,26
Hloridi ( $\text{mg}/\text{l Cl}$ )	6,30	26,10	5,60	25,80	4,20	33,40
Sulfati ( $\text{mg}/\text{l SO}_4$ )	14,80	32,20	15,30	24,30	10	40,70
Zn ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,003	0,114	0,002	0,111	0,001	0,16
Cu ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,002	0,018	0,001	0,029	0,001	0,023
Ni ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,005	0,01	0,005	0,01	0,0004	0,02
As ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,004
Pb ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01
Cd ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,006	<0,0005	0,006
Hg ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fe ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,005	0,757	0,004	0,643	0,0041	0,245
Deterdženti ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fenoli ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Ukupni ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,07	0,07	0,14	0,14	0,06	0,57

Rezultati analize teških i toksičnih metala u vodi reke Save na području Beograda ukazuju da je koncentracija Hg bila ispod praga detekcije za primenjenu metodu atomske apsorpcione spektrometrije. Koncentracije Ni, Pb i Cd bile su na samom pragu detekcije ili malo iznad njega. Zabeležene koncentracije Zn kretale su se od 0,001 mg/l do 0,16 mg/l (obe vrednosti zabeležene na lokalitetu Makiš), Cu od 0,001 mg/l do 0,029 mg/l, (Duboko i Makiš) do 0,029 mg/l (lokalitet Duboko), dok je koncentracija Fe varirala u širokom opsegu, od 0,004 mg/l (Duboko) do 0,757 mg/l (na lokalitetu Zabran). As je zabeležen u niskim koncentracijama, od 0,001 mg/l na svim lokalitetima do 0,004 mg/l (Makiš). U toku ovog istraživanja, isparljivi fenoli registrovani su u sva 3 ispitivana uzorka vode, u koncentraciji koja je inače i prag detekcije fenola (0,002 mg/l), što je ujedno i maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK). Značajno je napomenuti da je ovakav rezultat zabeležen samo u 2008. godini, dok je u ostalim uzorcima koncentracija fenola bila ispod praga detekcije. Koncentracija anjonskih deterdženata bila je uvek ispod praga detekcije (<0,02 mg/l) za primenjenu metodu. Mineralna ulja bila su prisutna u opsegu koncentracija 0,06 mg/l do 0,57 mg/l (najviša vrednost na lokalitetu Makiš).

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da Sava na području Beograda odgovara okvirima II klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka. Najveća ostupanja zabeležena su kod koncentracije suspendovanih materija, što je posledica erozionih procesa, i što svrstava Savu na području Beograda u IV klasu ekološkog statusa. Samo je na lokalitetu Makiš zabeležena koncentracija azotnih jedinjenja iznad vrednosti za II klasu rečnih voda. ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

## 4.1.3. Fizičke i hemijske karakteristike vode istraživanih lokaliteta na Kolubari

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Kolubari na području Beograda u periodu 2007-2011. godina prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima na Kolubari na području Beograda, u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Ćelije		Obrenovac	
	min	max	min	max
Analizirani parametar				
Providnost vode (m)	-	-	0,15	1,20
Temperatura vode (°C)	3,70	27,70	4,40	27,20
pH vrednost	7,60	8,40	7,90	8,50
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	320	580	250	600
Alkalitet ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	153,50	289,50	97	281
Ukupna tvrdoća ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	176,80	298,90	105,40	407,20
Suspendovane materije ( $\text{mg}/\text{l}$ )	2	428	4	734
Suvi ostatak na 105°C ( $\text{mg}/\text{l}$ )	224	390	186	427
Rastvoreni kiseonik ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	5,70	11,60	6	15,50
Procenat zasićenja kiseonikom (%)	62	102	67	185
BPK <sub>5</sub> ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	0,30	9,70	0,20	12,21
HPK ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	1,60	23,60	1,50	12,40
Amonijačni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,05	0,85	0,06	1,06
Nitritni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,008	0,193	0,014	0,23
Nitratni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,70	6,10	0,70	3
Ukupni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	1,60	4,60	1	3,68
Ukupni fosfati ( $\text{mg}/\text{l P}$ )	0,04	0,32	0,04	0,30
TOC ( $\text{mg}/\text{l}$ )	1,88	36,21	2,48	8,29
Hloridi ( $\text{mg}/\text{l Cl}$ )	5,60	23,70	6,30	24,40
Sulfati ( $\text{mg}/\text{l SO}_4$ )	16,70	36,90	17,40	68,10
Zn ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,0008	0,0378	0,001	0,21
Cu ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,002	0,02	0,001	0,05
Ni ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,004	0,017	0,004	0,018
As ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,007	0,001	0,04
Pb ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cd ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,0006	0,002	0,0006	0,002
Hg ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fe ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,008	2,58	0,002	2,34
Deterdženti ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,02	<0,02	0,02	0,13
Fenoli ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,003	0,001	0,002
Ukupni ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Rezultati analize teških i toksičnih metala u vodi reke Kolubare na području Beograda ukazuju da je koncentracija Hg i Pb bila ispod praga detekcije za primenjenu metodu atomske apsorpcione spektrometrije. Koncentracije Ni kretale su se od min. 0,004 mg/l (na obe merne tačke) do 0,018 mg/l (merna tačka Obrenovac), a Cd od 0,0006 mg/l do 0,002 mg/l na obe merne tačke. Zabeležene koncentracije Zn kretale su se od 0,0008 mg/l (Ćelije) do 0,21 mg/l u Obrenovcu, Cu od 0,001 mg/l do 0,05 mg/l (obe vrednosti zabeležene u Obrenovcu), dok je koncentracija Fe jedina bila iznad MDK i varirala je u širokom opsegu, od 0,002 mg/l (Obrenovac) do 2,58 mg/l (Ćelije). Važno je istaći da povišena vrednost ovog metala nije retkost, ali i da u toj koncentraciji Fe nije toksičan, već je neophodan mikroelement za žive organizme. As je zabeležen u koncentracijama od 0,001 mg/l (na oba lokaliteta) do 0,04 mg/l (u Obrenovcu). U toku ovog istraživanja, isparljivi fenoli registrovani su na mernom mestu Ćelije u koncentraciji 0,003 mg/l, što je iznad MDK. Značajno je napomenuti da je ovakav rezultat zabeležen samo u jednom uzorku u 2008. godini, dok je u ostalim uzorcima koncentracija fenola bila ispod ili na samom pragu detekcije primenjene metode. Koncentracija anjonskih deterdženata bila je ispod praga detekcije (<0,02 mg/l) za primenjenu metodu na lokalitetu Ćelije, ali je na lokalitetu Obrenovac koncentracija bila u opsegu 0,002 mg/l do 0,13 mg/l. Na oba lokaliteta mineralna ulja bila su ispod praga detekcije za primenjenu metodu.

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da Kolubara na području Beograda, za većinu analiziranih parametara, odgovara okvirima II klase ekološkog statusa za tip 2 vodotoka. Najveća ostupanja zabeležena su kod koncentracije suspendovanih materija, što je posledica erozionih procesa, i svrstava Kolubaru na području Beograda u V klasu ekološkog statusa, dok TOC, kao i povremena odstupanja vrednosti BPK5 i azotnih jedinjenja vodu Kolubare svrstavaju u IV klasu ekološkog statusa ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

#### 4.1.4. Fizičke i hemijske karakteristike vode Topčiderske reke

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanom delu Topčiderske reke u periodu 2007–2011. godina dati su tabeli 5.

Rezultati analize teških i toksičnih metala u vodi Topčiderske reke ukazuju da je koncentracija Hg, Pb i Cd bila ispod praga detekcije za primenjenu metodu atomske apsorpzione spektrometrije. Koncentracije Ni kretale su se od 0,005 mg/l do 0,04 mg/l, Zn od 0,004 mg/l do 0,158 mg/l, Cu od 0,002 mg/l do 0,048 mg/l, dok je koncentracija Fe jedina bila iznad MDK, i varirala je u širokom opsegu, od 0,014 mg/l do 2,03 mg/l. As je zabeležen u koncentracijama od 0,001 mg/l do 0,013 mg/l. U toku ovog istraživanja, isparljivi fenoli registrovani su u koncentraciji od 0,007 mg/l, što je iznad MDK. Koncentracija anjonskih deterdženata bila je u opsegu 0,03 mg/l do 0,54 mg/l. Mineralna ulja bila su sporadično prisutna u koncentraciji 0,17 mg/l što je iznad MDK.

#### 4.1.5. Fizičke i hemijske karakteristike vode Železničke reke

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanom delu Železničke reke u periodu 2007-2011. godina dati su tabeli 5.

Rezultati analize teških i toksičnih metala u vodi Topčiderske reke ukazuju da je koncentracija Ni, Hg, Pb i Cd bila ispod praga detekcije za primenjenu metodu atomske apsorpzione spektrometrije. Koncentracija Zn varirala je od 0,003 mg/l do 0,157 mg/l. Zabeležena koncentracija Cu kretala se od 0,002 mg/l pa do 0,39 mg/l. Fe je zabeleženo u koncentraciji od 0,006 mg/l do 1,58 mg/l. Koncentracije Cu i Fe bile su iznad MDK. As je zabeležen u koncentracijama od 0,001 mg/l do 0,003 mg/l. U toku ovog istraživanja, isparljivi fenoli registrovani su u koncentraciji od 0,003 mg/l, što je iznad MDK. Koncentracija anjonskih deterdženata bila je u opsegu 0,02 mg/l do 0,7 mg/l, dok su mineralna ulja bila sporadično prisutna u koncentraciji 0,06 mg/l.



Tabela 5. Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara vode na istraživanom delu Topčiderske i Železničke reke na području Beograda, u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Topčiderska reka		Železnička reka	
	min	max	min	max
Analizirani parametar				
Providnost vode (m)	5,40	28,60	7,30	28,50
Temperatura vode (°C)	7,80	8,50	7,80	8,50
pH vrednost	275	980	470	840
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	226	358	265	395,8
Alkalitet ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	267,90	493,90	278,60	485,70
Ukupna tvrdoća ( $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$ )	2	366	4	139
Suspendovane materije ( $\text{mg}/\text{l}$ )	393	744	404	673
Suvi ostatak na $105^\circ\text{C}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,50	12,90	4,80	16,40
Rastvoreni kiseonik ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	6,90	161	51	165
Procenat zasićenja kiseonikom (%)	0,70	30,60	1,20	27
BPK <sub>5</sub> ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	3,50	20,90	3,60	25
HPK ( $\text{mg}/\text{l O}_2$ )	0,37	14,64	0,48	17,70
Amonijačni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,053	0,517	0,064	0,76
Nitritni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,50	6,71	0,63	6
Nitratni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	5,50	13,50	5	20
Ukupni azot ( $\text{mg}/\text{l N}$ )	0,268	1,45	0,092	2,86
Ukupni fosfati ( $\text{mg}/\text{l P}$ )	3,87	20,05	4,10	13,35
TOC ( $\text{mg}/\text{l}$ )	30,60	55,60	32,20	61,40
Hloridi ( $\text{mg}/\text{l Cl}$ )	53,30	111,80	45	67,40
Sulfati ( $\text{mg}/\text{l SO}_4$ )	0,004	0,158	0,003	0,157
Zn ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,002	0,048	0,002	0,39
Cu ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,005	0,04	0,005	0,005
Ni ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,001	0,013	0,001	0,003
As ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,01	0,01	0,01	0,01
Pb ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
Cd ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Hg ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,014	2,03	0,006	1,58
Fe ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,03	0,54	0,02	0,7
Deterdženti ( $\text{mg}/\text{l}$ )	<0,002	0,007	<0,002	0,003
Fenoli ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,15	0,17	0,06	0,06
Ukupni ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) ( $\text{mg}/\text{l}$ )				

Analiza uzoraka vode Topčiderske i Železničke reke pokazala je da su u svim uzorcima normama za II klasu ekološkog statusa odgovarale samo vrednosti pH i hlorida ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012). Zabeležene koncentracije rastvorenog kiseonika, BPK<sub>5</sub>, amonijum jona, ukupnog azota i ukupnih fosfata svrstavaju ove urbane vodotoke u V klasu ekološkog statusa, dok su ostali parametri bili u granicama III, odnosno IV klase ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

#### 4.1.6. Mikropolutanti u sedimentu istraživnog dela Dunava

Analizom površinskog sloja sedimenta zabeleženo je prisustvo Pb u koncentraciji od 27,20 mg/kg do 120 mg/kg suve materije na lokalitetu Višnjica, zatim Cd, čija se koncentracija kretala od 0,30 mg/kg (Višnjica i Vinča) do 1,90 mg/kg (Vinča), Zn od 94,50 mg/kg (Višnjica) do 292 mg/kg (Vinča), Ni od 32,60 mg/kg (Stari Banovci) do 95,20 mg/kg (Vinča). Koncentracija Cr, u sedimentu na istraživanim lokalitetima na Dunavu, varirala je od 32,50 mg/kg (Stari Banovci) do 65,10 mg/kg (Vinča), As od 7 mg/kg (Višnjica) do 15,40 mg/kg (Vinča) i Cu od 26,90 mg/kg (Stari Banovci) do 57,60 mg/kg (Višnjica). Koncentracija Hg bila je ispod praga detekcije za primenjenu metodu. Analizom organskih mikropolutanata u sedimentu Dunava zabeleženo je veliko variranje u ukupnoj koncentraciji policikličnih aromatičnih ugljovodonika (ukupni PAH), od 78 µg/kg u Višnjici do ekstremno visoke vrednosti od 8076 µg/kg na lokalitetu Vinča. S obzirom da ukupni PAH predstavlja sumu 10 jedinjenja iz grupe policikličnih aromatičnih ugljovodonika, njihove minimalne i maksimalne zabeležene vrednosti, kao i vrednosti ostalih analiziranih jedinjenja date su u Tabeli 6. Koncentracija acenaftilena kretala se od 6 µg/kg do 18 µg/kg (u Vinči), acenaftena od oko 10 µg/kg na sva tri merna mesta, do 28 µg/kg na lokalitetu Višnjica, a fluorena od 11 µg/kg do 38 µg/kg u Višnjici. Koncentracija pirena varirala je od 10 µg/kg (Višnjica) do 1105,10 µg/kg (Vinča), što je iznad efektivne vrednosti, dok je benzo (b) fluoranten zabeležen u koncentracijama od ispod 10 µg/kg u Višnjici do 576 µg/kg u Vinči. Dibenzo (a,h) antracen je bio ispod praga detekcije za datu metodu, osim u jednom uzorku (Stari Banovci) gde je zabeležena koncentracija od 20 µg/kg. Ukupni ugljovodonici (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) zabeleženi su u sedimentu Dunava u koncentraciji koja se kretala od 23,40 mg/kg (Stari Banovci) do 420,80 mg/kg u Višnjici. Ostali analizirani parametri bili su ispod praga detekcije za datu metodu.

Tabela 6. Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima na Dunavu u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Stari Banovci		Višnjica		Vinča	
	min	max	min	max	min	max
Analizirani parametar						
Pb (mg/kg)	28,20	50,40	27,20	120	43,90	68
Cd (mg/kg)	0,50	1	0,30	1,90	1	1,90
Zn (mg/kg)	114,20	196,90	94,50	281,60	197	292
Ni (mg/kg)	32,60	38,10	59,60	85,20	74,50	95,20
Cr (mg/kg)	32,50	46,90	40,70	63,40	51	65,10
Hg (mg/kg)	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20
As (mg/kg)	8,50	12,20	7	11,60	8,60	15,40
Cu (mg/kg)	26,90	46,40	39	57,60	34,40	56,70
PAH ukupni (µg/kg)	460	840,20	78	2707,80	524	8076
Naftalen (µg/kg)	16	68	16	44	18	54
Fluoranten (µg/kg)	42	140	10	335	44	1296
Antracen (µg/kg)	<10	<10	31,2	70	16	98
Fenantren (µg/kg)	45	230,50	10	292,30	52	1160,90
Benzo(a)antracen (µg/kg)	28	152,90	12	456,80	38	1639,70
Krizen (µg/kg)	46	105	38	426,30	42	1177,10
Benzo(k)fluoranten(µg/kg)	22	155,10	38	231,40	38	486
Benzo(a)piren (µg/kg)	30	50	12	140,10	40	545,40
Benzo(g,h,i)perilen (µg/kg)	26	32	25	44	22	60
Indeno(1,2,3-cd)piren (µg/kg)	40	52	14	60	17	51
Acenaftilen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	6	18
Acenaften (µg/kg)	<10	<10	<10	28	10	24
Fluoren (µg/kg)	12	12	11	38	11	28
Piren (µg/kg)	20	78	10	400,40	35	1105,10
Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	34	112	<10	394,3	56	576
Dibenzo(a,h)antracen (µg/kg)	<10	20	<10	<10	<10	<10
Uk. ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) (mg/kg)	23,40	249,40	32	420,80	70,20	393,30

Prema propisima Republike Srbije, u sedimentu Dunava registrovane su koncentracije Ni koje prelaze MDK, dok su vrednosti ostalih parametara bile iznad ciljnih vrednosti, ali nisu prelazile MDK, što sediment Dunava na području Beograda svrstava u II, odnosno III klasu kvaliteta sedimenta ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

#### 4.1.7. Mikropolutanti u sedimentu istraživanog dela Save

Analizom površinskog sloja sedimenta reke Save zabeleženo je prisustvo Pb u koncentraciji od 35,10 mg/kg (lokalitet Duboko) do 94,80 mg/kg (lokalitet Zabran) suve materije, zatim Cd, čija se koncentracija kretala od 1 mg/kg (Duboko) do 5,10 mg/kg (Zabran), i Ni od 76,30 mg/kg do 146,40 mg/kg (oba za lokalitet Duboko). Koncentracija hroma u sedimentu na istraživanim lokalitetima na Savi varirala je od 31,20 mg/kg (Duboko) do 103,20 mg/kg (Makiš), Zn od 91,20 mg/kg (Duboko) do 436,20 mg/kg (Zabran) i Cu od 30,40 mg/kg (na Zabranu) do 67,20 mg/kg (na lokalitetu Makiš). Koncentracija As kretala se od 6,40 mg/kg (Duboko) do 15,80 mg/kg (Makiš), dok je koncentracija Hg na svim lokalitetima bila ispod praga detekcije za datu metodu. Analizom organskih mikropolutanata u sedimentu Save zabeleženo je veliko variranje u ukupnoj koncentraciji policikličnih aromatičnih ugljovodonika (ukupni PAH), od 86 µg/kg na Makišu do 1680 µg/kg na Zabranu. S obzirom da ukupni PAH predstavlja sumu 10 jedinjenja iz grupe policikličnih aromatičnih ugljovodonika, njihove minimalne i maksimalne zabeležene vrednosti, kao i vrednosti ostalih analiziranih jedinjenja date su u tabeli 7. Koncentracija acenaftilena bila je ispod praga za datu metodu, acenaftena od 10 µg/kg do 33 µg/kg, a fluorena od 10 µg/kg do 39 µg/kg. Koncentracija pirena varirala je od 8,50 µg/kg do 123 µg/kg na lokalitetu Zabran, dok je benzo (b) fluoranten zabeležen u koncentracijama od 12,80 µg/kg do 322 µg/kg, takođe na lokalitetu Zabran. Dibenzo (a,h) antracen zabeležen je u koncentraciji od 22 µg/kg do 25 µg/kg na istom lokalitetu. Ukupni ugljovodonici (C10-C40) zabeleženi su u sedimentu Save u koncentraciji koja se kretala od 10,30 mg/kg (Duboko) do 266 mg/kg (Zabran), ali je takođe bila visoka i na lokalitetu Makiš (243,80 mg/kg). Ostali analizirani parametri bili su ispod praga detekcije za datu metodu.

Tabela 7. Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima na Savi u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Zabran		Duboko		Makiš	
	min	max	min	max	min	max
Analizirani parametar						
Pb (mg/kg)	48,30	94,80	35,10	92,40	41,40	85,80
Cd (mg/kg)	1,20	5,10	1	3,30	1,50	3,50
Zn (mg/kg)	198	436,20	91,20	340,30	218	356,90
Ni (mg/kg)	97,80	146,20	76,30	146,40	88,90	143,40
Cr (mg/kg)	42,30	100,50	31,20	92	35,80	103,20
Hg (mg/kg)	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20
As (mg/kg)	10,40	14,80	6,40	15,20	7,70	15,80
Cu (mg/kg)	30,40	64,30	30,70	51	38,70	67,20
PAH ukupni (µg/kg)	117	1680	230	1073	86	690
Naftalen (µg/kg)	20	54	10	26	25	88
Fluoranten (µg/kg)	14,90	117	26	174	15,80	80
Antracen (µg/kg)	10	14	10	19	6	10
Fenantren (µg/kg)	46	92	34	80	35	112
Benzo(a)antracen (µg/kg)	14,90	92	28	187	15,80	108
Krizen (µg/kg)	19,20	139	28	157	34,50	156
Benzo(k)fluoranten(µg/kg)	2,50	110	20	42	20	38
Benzo(a)piren (µg/kg)	10,60	357	20	137	10,50	70
Benzo(g,h,i)perilen (µg/kg)	10,60	207	5	24	8,80	23
Indeno(1,2,3-cd)piren (µg/kg)	10,60	82	5	25	10,50	28
Acenaftilen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaften (µg/kg)	10	33	10	31	23	28,50
Fluoren (µg/kg)	13	20	14	20	10	39
Piren (µg/kg)	8,50	123	51	56	8,80	78
Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	12,80	322	30	118	30	90
Dibenzo(a,h)antracen (µg/kg)	22	25	<10	<10	<10	<10
Uk. ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) (mg/kg)	22,20	266	10,30	139,20	88,90	243,80

Prema propisima Republike Srbije, u sedimentu Save koncentracije Zn i Ni prelazile su MDK, dok su vrednosti ostalih parametara bile iznad ciljnih vrednosti ali ne prelazeći MDK, što sediment Save na području Beograda svrstava u II, odnosno III klasu kvaliteta sedimenta ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

## 4.1.8. Mikropolutanti u sedimentu istraživanog dela Kolubare

Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima na Kolubari u periodu 2007-2011. godina dati su u tabeli 8.

Tabela 8. Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima na Kolubari u periodu 2007-2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Kolubara Čelije		Kolubara Obrenovac	
	min	max	min	max
Analizirani parametar				
Pb (mg/kg)	24,10	41,20	27,60	38,50
Cd (mg/kg)	0,20	0,70	0,30	1
Zn (mg/kg)	43,20	86,90	60,20	78,50
Ni (mg/kg)	45,90	179,40	117,10	145,90
Cr (mg/kg)	22,20	779,90	43,50	113,50
Hg (mg/kg)	0,10	0,20	0,10	0,60
As (mg/kg)	8,80	10,90	7,50	14
Cu (mg/kg)	21,90	34,60	22,70	34,20
PAH ukupni (µg/kg)	85	251	20	529
Naftalen (µg/kg)	10	59	10	28
Fluoranten (µg/kg)	16	24	29	72
Antracen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10
Fenantren (µg/kg)	20	31	15	96
Benzo(a)antracen (µg/kg)	28	28	10	34
Krizen (µg/kg)	13	22	26	58
Benzo(k)fluoranten(µg/kg)	12	12	20	29
Benzo(a)piren (µg/kg)	12	15	26	140
Benzo(g,h,i)perilen (µg/kg)	<10	<10	<10	30
Indeno(1,2,3-cd)piren (µg/kg)	10	10	20	20
Acenaftilen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10
Acenaften (µg/kg)	22	22	0	0
Fluoren (µg/kg)	<10	<10	14	24
Piren (µg/kg)	15	28	24	80
Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	17	35	26	42
Dibenzo(a,h)antracen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10
Uk. ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) (mg/kg)	24,80	158	52,82	189
PCB sum (µg/kg)	<10	53	<10	<10
PCB 52 (µg/kg)	<10	40	<10	<10

Prema propisima Republike Srbije, u sedimentu Kolubare izmerene koncentracije Cr, Hg i Ni prelazile su vrednost datog limita. Koncentracija Cr je dvostruko veća od remedijacione vrednosti, vrednost Ni prelazi MDK, dok koncentracija Hg prelazi ciljnu vrednost. Na osnovu zabeleženih rezultata sediment

Kolubare na području Beograda svrstava se u IV klasu, odnosno karakteriše se kao izuzetno zagađen sediment ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

#### 4.1.9. Mikropolutanti u sedimentu istraživanog dela Topčiderske i Železničke reke

Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanom delu Topčiderske i Železničke reke u periodu 2007-2011. godina dati su u tabeli 9.

Tabela 9. Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima Topčiderske i Železničke reke u periodu 2007–2011. godina, izraženi kao minimalna i maksimalna zabeležena vrednost.

Lokalitet	Topčiderska reka		Železnička reka	
	min	max	min	max
Analizirani parametar				
Pb (mg/kg)	49,10	165,10	38,10	227
Cd (mg/kg)	0,90	2	0,30	1,70
Zn (mg/kg)	201,50	671	150	601,50
Ni (mg/kg)	22,50	90,10	40,70	165
Cr (mg/kg)	37,50	242	32,90	113
Hg (mg/kg)	0,20	0,60	0,10	0,60
As (mg/kg)	5,90	32,30	5,50	31,60
Cu (mg/kg)	61,60	240	36,80	169
PAH ukupni (µg/kg)	151,50	16710	146	1378
Naftalen (µg/kg)	26	122	22	489
Fluoranten (µg/kg)	15,40	2997	26	224
Antracen (µg/kg)	15	197	10,40	30,70
Fenantren (µg/kg)	137	3550	26	180
Benzo(a)antracen (µg/kg)	14	964	22,50	38
Krizen (µg/kg)	37	1634	14	68
Benzo(k)fluoranten(µg/kg)	6	391	16	44
Benzo(a)piren (µg/kg)	7	504	<10	82
Benzo(g,h,i)perilen (µg/kg)	52	498	<10	101
Indeno(1,2,3-cd)piren (µg/kg)	<10	<10	<10	50
Acenaftilen (µg/kg)	12	803	<10	<10
Acenaften (µg/kg)	20	914	<10	31
Fluoren (µg/kg)	126	2469	14	74,40
Piren (µg/kg)	17	1249	20	266
Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	22	72	22	96
Dibenzo(a,h)antracen (µg/kg)	30	346	<10	<10
Uk. ugljovodonici (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) (mg/kg)	573,20	1153	56,80	1811

Prema propisima Republike Srbije, u sedimentu Topčiderske i Železničke reke koncentracije Cd, Zn, Pb, Ni, Cr, Hg, As, Cu, PAH prelazile su ciljne vrednosti, pri čemu u Topčiderskoj reci maksimalne dozvoljene koncentracije prelaze Zn, Ni, Cr kao

i Cu, koji prelazi i remedijacionu vrednost. Na osnovu ovih rezultata sediment ovih reka na području Beograda svrstava se u III-IV klasu kvaliteta sedimenta, odnosno karakteriše se kao zagađen do izuzetno zagađen sediment ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).

#### 4.2. Faunistički sastav istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina

Tokom petogodišnje studije (2007-2011) na istraživanim rekama (Dunav – 1a, Sava – 1b, Kolubara – 2, Topčiderska reka – 3a i Železnička reka – 3b) zabeleženo je prisustvo 115 taksona iz 48 porodica, 8 klasa i 5 razdela:

Phylum Nematoda\* 1a, 1b, 2, 3a, 3b

Phylum Platyhelminthes

Classis Turbellaria

Ordo Tricladida

Familia Dugesiidae

*Dugesia lugubris* Schmidt, 1861 2

*Dugesia tigrina* (Girard, 1850) 1b, 2

Familia Planariidae

*Planaria torva* (Müller, 1773) 2

Phylum Annelida

Classis Polychaeta

Subclassis Sedentaria

Ordo Terebellida

Familia Ampharetidae

*Hypania invalida* (Grube, 1860) 1a, 1b

Classis Hirudinea

Ordo Arhynchobdellida



Familia Erpobdellidae	
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	1a, 3a
Ordo Rhynchobdellida	
Familia Glossiphoniidae	
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	1a, 3b
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)	1a
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	1a
Classis Oligochaeta	
Ordo Tubificida	
Familia Enchytraeidae	
<i>Enchytraeus</i> sp.	2, 3a, 3b
<i>Fridericia</i> sp.	2, 3a
Familia Naididae	
Subfamilia Naidinae	
<i>Chaetogaster diaphanus</i> (Gruithuisen, 1828)	1a
<i>Chaetogaster limnaei</i> Baer, 1827	2
<i>Dero dorsalis</i> Ferronniere, 1899	2
<i>Dero digitata</i> (Müller, 1773)	1a, 3b
<i>Nais pseudobtusa</i> Piguët, 1906	1a, 2, 3a, 3b
<i>Nais communis</i> Piguët, 1906	3b
<i>Nais barbata</i> Müller, 1773	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Ophidonais serpentina</i> (Müller, 1773)	1a
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	1a, 1b, 2
<i>Uncinails uncinata</i> (Ørsted, 1842)	1a
Subfamilia Tubificinae	
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	1a, 1b, 2
<i>Isochaetides michaelsoni</i> (Lastockin, 1937)	1a, 1b
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel, 1868	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill, 1871)	1a, 1b, 2, 3a
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparede, 1862	1a, 1b, 2, 3a, 3b

<i>Potamothrix vej dovskyi</i> (Hrabe, 1941)	2
<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelsen, 1902)	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Psammoryctides albicola</i> (Michaelsen, 1901)	1a, 2
<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	1a
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	1a, 1b, 2, 3a, 3b
Familia Propappidae	
<i>Propappus volki</i> Michaelsen, 1915	1b
Ordo Opisthopora	
Familia Lumbricidae	
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	1a, 1b
Phylum Mollusca	
Classis Gastropoda	
Subclassis Orthogastropoda	
Ordo Neotaenioglossa	
Familia Bithyniidae	
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	1a, 2
Familia Hydrobiidae	
<i>Lithoglyphus naticoides</i> Pfeiffer, 1828	1a, 1b, 2
Ordo Neritopsina	
Familia Neritidae	
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	1a, 2
Ordo Architaenioglossa	
Familia Viviparidae	
<i>Viviparus acerosus</i> (Bourguignat, 1862)	1a
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	1a
Classis Bivalvia	
Subclassis Palaeoheterodonta	
Ordo Unionoida	
Familia Unionidae	

<i>Anodonta cygnea</i> Linnaeus, 1758	1a, 1b, 2
<i>Unio pictorum</i> Linnaeus, 1758	1b, 2
<i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788	1a, 1b, 2
<i>Pseudanodonta complanata</i> Rossmassler, 1835	2
<i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834)	1a, 1b
Ordo Veneroidea	
Familia Corbiculidae	
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	1a, 1b, 2
Familia Dreissenidae	
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i> Andrusov, 1897	1a
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	1a, 1b
Familia Sphaeriidae	
<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus, 1758)	1a
<i>Sphaerium solidum</i> (Normand, 1844)	1a
Phylum Arthropoda	
Subphylum Crustacea	
Classis Malacostraca	
Ordo Amphipoda	
Familia Gammaridae*	1a, 1b, 2, 3b
Familia Corophidae	
<i>Corophium curvispinum</i> Sars, 1895	1a, 1b, 2, 3b
Ordo Isopoda	
Familia Asellidae	
<i>Asellus aquaticus</i> Linnaeus, 1758	3b
Familia Janiridae	
<i>Jaera istri</i> Valkanov, 1936	1a, 1b
Subphylum Hexapoda	
Classis Insecta	
Ordo Odonata**	2
Subordo Anisoptera	

Familia Gomphidae	
<i>Gomphus vulgatissimus</i> Linnaeus, 1758	1b, 2
<i>Ophiogomphus cecilia</i> (Fourcroy, 1785)	1b
Subordo Zygoptera	
Familia Platycnemididae	
<i>Platycnemis pennipes</i> Pallas, 1771	1b, 2
Ordo Trichoptera**	2
Subordo Annulipalpia	
Familia Hydropsychidae	
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	2
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	1a, 2
<i>Hydropsyche instabilis</i> (Curtis, 1834)	2
<i>Hydropsyche</i> sp.**	1a, 2
Subordo Spicipalpia	
Familia Hydroptilidae	
<i>Hydroptila</i> sp.	2
Ordo Ephemeroptera	
Familia Ephemerellidae	
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	2
<i>Ephemerella</i> sp.	2
Familia Ephemeridae	
<i>Ephemera danica</i> Muller, 1764	2
Familia Heptageniidae	
<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller, 1776)	2
<i>Heptagenia</i> sp.**	1a, 2
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	2
Familia Oligoneuriidae	
<i>Oligoneuriella rhenana</i> (Imhoff, 1852)	2
Familia Baetidae	
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	2
<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	2

<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	2, 3b
<i>Baetis</i> sp.**	1a, 2
<i>Centroptilum luteolum</i> Müller, 1776	2
<i>Centroptilum</i> sp.**	2
Familia Caenidae	
<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	2
Familia Potamanthidae	
<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)	1b
Ordo Plecoptera**	2
Subordo Arctoperlaria	
Familia Leuctridae	
<i>Leuctra</i> sp.	2
Ordo Coleoptera**	2
Subordo Polyphaga	
Familia Elmidae	
<i>Elmis aenea</i> (Muller, 1806)	2
<i>Oulimnius</i> sp.	2, 3b
Ordo Diptera	
Subordo Nematocera	
Familia Simuliidae	1b, 2, 3b
Familia Ceratopogonidae	1a, 1b, 2, 3b
Familia Tipulidae	
<i>Tipula lateralis</i> Meigen, 1804	2
Familia Athericidae	
<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	2
Familia Psychodidae	
<i>Pericoma blandula</i> Eaton, 1893	3b
<i>Ulomyia fuliginosa</i> (Meigen 1818)	3a
Familia Chironomidae	
Subfamilia Chironominae	

## Tribus Chironomini

<i>Einfeldia carbonaria</i> (Meigen, 1838)	3a
<i>Einfeldia pagana</i> (Meigen, 1838)	1a, 1b, 2
<i>Dicrotendipes pulsus</i> (Walker, 1856)	1b
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)	1a, 1b, 2, 3a
<i>Dicrotendipes notatus</i> (Meigen, 1818)	1a
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)	1b, 2, 3a, 3b
<i>Harnischia</i> sp.	1b, 2, 3a, 3b
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	1a, 1b, 2, 3b
<i>Polypedilum albicorne</i> (Meigen, 1838)	1a, 1b, 2
<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)	1a, 2
<i>Polypedilum pedestre</i> (Meigen, 1830)	1a, 2, 3b
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	1a, 2
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i> (Linnaeus, 1758)	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Chironomus riparius</i> Meigen, 1804	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i> (Zetterstedt, 1838)	1a, 1b, 2
<i>Cryptochironomus</i> sp.	2
<i>Cryptotendipes</i> sp.	1a, 2
<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1818)	1a
<i>Cladopelma lateralis</i> (Goetghebuer, 1934)	2
<i>Parachironomus</i> sp.	1a
<i>Glyptotendipes</i> sp.	2

## Tribus Tanytarsini

<i>Virgatanytarsus arduennensis</i> (Goetghebuer, 1922)	2, 3a, 3b
<i>Micropsectra</i> sp.	3a

## Subfamilia Tanypodinae

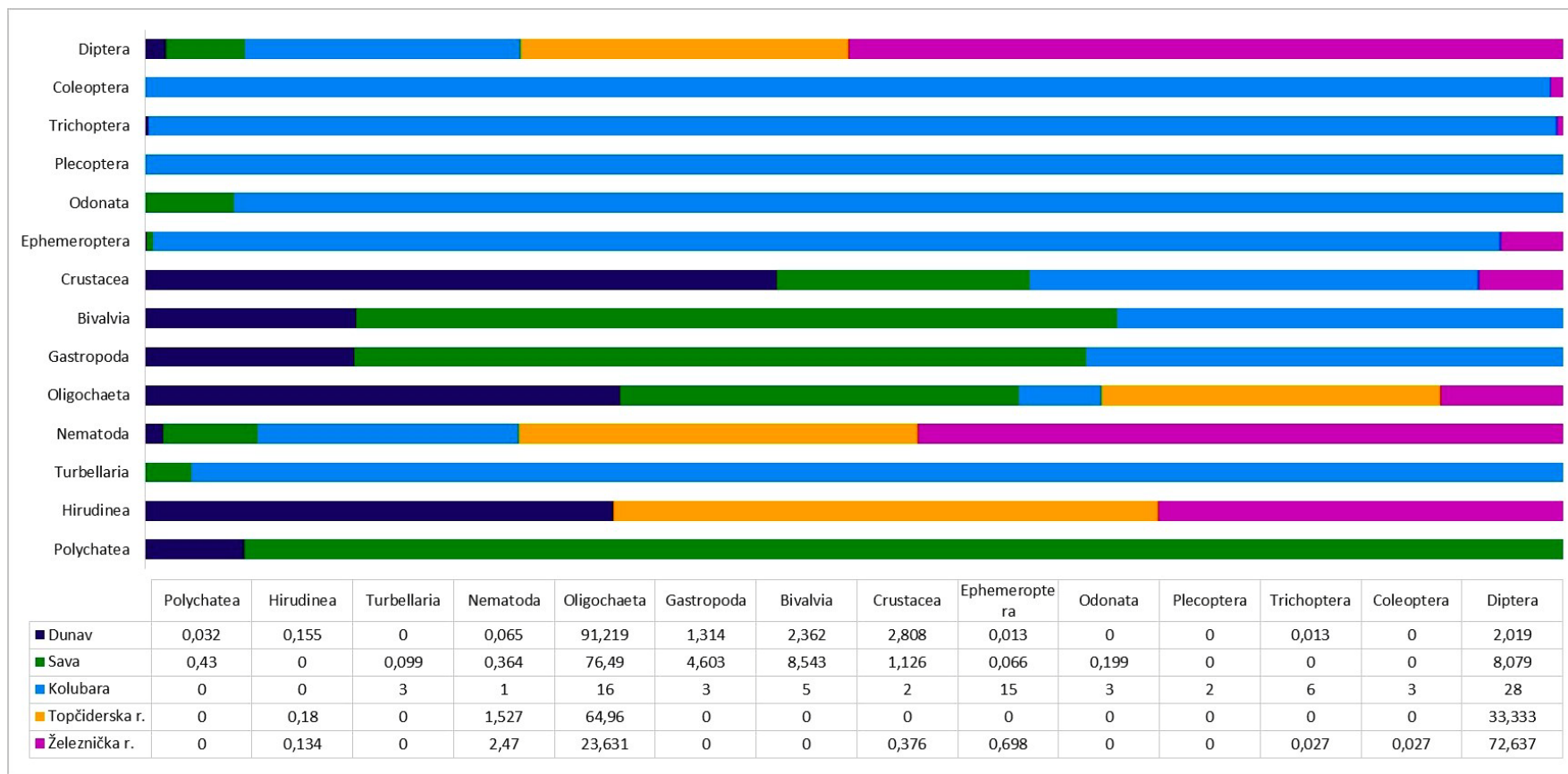
## Tribus Macropelopiini

<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i> Zetterstedt, 1838	3b
------------------------------------------------------------	----

Tribus Tanypodini	
<i>Tanypus</i> sp.	1a
Tribus Procladiini	
<i>Procladius</i> sp.	1a, 1b, 2, 3a, 3b
Subfamilia Orthoclaadiinae	
<i>Cricotopus tremulus</i> (Linnaeus, 1758)	3a, 3b
<i>Cricotopus triannulatus</i> Macquart, 1826	2, 3b
<i>Cricotopus sylvestris</i> (Fabricius, 1794)	1a, 1b, 2, 3a, 3b
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	1a, 2, 3a, 3b
<i>Orthocladus</i> sp.	1a, 2, 3b
<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)	2, 3a, 3b
<i>Eukiefferiella minor</i> (Edwards, 1929)	3b
Subfamilia Prodiamesinae	
<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	1a, 2

Napomena: \* nije bilo mogućnosti da se odredi niža taksonomska kategorija; \*\* nisu uzeti u obzir prilikom izračunavanja ukupnog broja registrovanih taksona u slučaju kada su na istom mestu uzorkovanja zabeležene i jedinke koje spadaju u isti takson, a kojima je određena niža taksonomska kategorija

Razdeo Platyhelminthes i klasa Turbellaria predstavljani su sa tri vrste iz 2 porodice. U okviru razdela Annelida, klasa Polychaeta zastupljena je sa jednom vrstom, Hirudinea sa 4 vrste, dok je klasa Oligochaeta imala najveći diverzitet u okviru razdela Annelida (25 taksona iz 5 porodica). Razdeo Mollusca zastupljen je sa 15 vrsta iz 8 porodica, od kojih 5 vrsta pripada klasi Gastropoda, a 10 klasi Bivalvia. Najveći broj zabeleženih vrsta akvatičnih beskičmenjaka u tri tipa istraživanih vodotoka pripada razdelu Arthropoda (66 taksona iz 22 porodice), od kojih 4 porodice pripadaju podrazdelu Crustacea, a sve ostale podrazdelu Hexapoda, odnosno klasi Insecta. Klasa Insecta je predstavljena sa 6 redova: Odonata (3 vrste), Trichoptera (4 vrste), Ephemeroptera (12 vrsta), Plecoptera (1 vrsta), Coleoptera (2) i Diptera sa 40 zabeleženih taksona. Zastupljenosti grupa u bentosnim zajednicama istraživanih tokova na području Beograda na osnovu njihovog procentualnog udela u zajednici data je na slici 5.



Slika 5. Odnos zastupljenosti grupa akvatičnih beskičmenjaka u bentosnim zajednicama istraživanih tokova na području Beograda (na osnovu procentualnog udela u zajednici).



#### 4.2.1. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Dunav u periodu 2007-2011. godina

U Dunavu je u periodu 2007-2011. godina zabeleženo ukupno 63 taksona, pri čemu je najveći broj taksona zabeležen na lokalitetu Višnjica 2009. godine (23), a najmanji, 7 taksona, takođe na lokalitetu Višnjica 2011. godine. Gustina zajednice kretala se od 105.598 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci do 343.508 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Najveći udeo u zajednici akvatičnih beskičmenjaka Dunava imale su Oligochaeta (91,2%), koje su bile prisutne u skoro svim uzorcima ( $F = 0,96$ ). Najmanja prosečna zastupljenost oligoheta u bentocenozi Dunava zabeležena je u Starim Banovcima (62%), dok je najveća (97,30%) zabeležena u Višnjici. Gustina zajednice oligoheta kretala se od 70.707 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, do 334.887 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Učešće Crustacea u zajednici dna reke Dunav iznosi 2,8%, a zabeležene su u 53% uzoraka ( $F = 0,53$ ). Najveću prosečnu zastupljenost Crustacea su imale u zajednici na lokalitetu Stari Banovci (10,52%), a najmanju na lokalitetu Višnjica (0,21%).

Diptera, iako sa malim procentualnim udelom u zajednici (svega 2%), imale su najveći diverzitet (22 taksona) i učestalost pojavljivanja  $F = 0,73$ . Prosečna zastupljenost diptera kretala se od 1,83% na lokalitetu Višnjica do 2,78% na lokalitetu Vinča. Diptera su u bentosnoj zajednici Dunava bile predstavljene porodicama Ceratopogonidae i Chironomidae. Ceratopogonidae su zabeležene samo na lokalitetu Stari Banovci i njihova brojnost iznosila je 259 ind/m<sup>2</sup>. Među hironomidama konstatovano je ukupno 20 taksona, pri čemu je 8 taksona zabeleženo na lokalitetu Stari Banovci, a po 10 taksona na lokalitetima Višnjica i Vinča. Gustina zajednice hironomida iznosila je 1.924 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, što je i najmanja zabeležena brojnost hironomida na istraživanom delu Dunava, odnosno 6.253 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica.

Udeo Mollusca u zajednici dna reke Dunav iznosio je svega 3,67%, međutim, bez obzira na malu procentualnu zastupljenost, zabeleženo je 13 taksona iz razdela Mollusca (5 Gastropoda i 8 Bivalvia, sa učestalošću pojavljivanja u bentocenozi Dunava  $F = 0,4$  i  $F = 0,37$ ). Mollusca su u Dunavu bile najmanje zastupljene na lokalitetu Višnjica sa 0,16%. Najveću prosečnu zastupljenost imale su na lokalitetu Stari

Banovci (18,92%, od toga 6,59% Gastropoda i 12,33% Bivalvia). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 111 ind/m<sup>2</sup> (Vinča) do 6.956 ind/m<sup>2</sup> (Stari Banovci). Bivalvia su bile najmanje brojne na lokalitetu Višnjica (111 ind/m<sup>2</sup>), a najveću gustinu zajednice imale su na lokalitetu Stari Banovci (13.024 ind/m<sup>2</sup>). Nematoda, Polychaeta i Hirudinea imale su malu učestalost pojavljivanja ( $F = 0,2$ ,  $F = 0,06$  i  $F = 0,1$ ) i procentualnu zastupljenost u zajednici manju od 1%. Trichoptera su zabeležene samo na lokalitetu Stari Banovci 2010. godine, sa samo jednom vrstom (*Hydropsyche angustipennis*).

Oligochaeta su u Dunavu u beogradskom regionu bile zastupljene sa 17 vrsta među kojima je dominantna vrsta bila *Limnodrilus hoffmeisteri*. Procentualni udeo ove vrste u zajednici kretao se od 34,55% na lokalitetu Stari Banovci, do 45,14% na lokalitetu Vinča. Brojnost ove vrste kretala se od 36.482 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, do 117.179 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Subdominantna vrsta bila je *Limnodrilus claparedeanus* sa procentualnim udelom koji se kretao od 12,89% na lokalitetu Stari Banovci, do 32,21% udela u zajednici na lokalitetu Vinča. Ove dve vrste ujedno su imale i najveću učestalost pojavljivanja u zajednici ( $F = 0,97$ ). Crustacea su bile zastupljene sa tri taksona, dva iz reda Amphipoda i jednom vrstom iz reda Isopoda. Najveću zastupljenost Gammaridae su imale na lokalitetu Stari Banovci (8%), a vrsta *Corophium curvispinum* na lokalitetu Vinča (2,14%), gde je imala i najveću brojnost (2.627 ind/m<sup>2</sup>), dok je *Jaera istri* bila najzastupljenija i na lokalitetu Stari Banovci (2,66%), gde je imala i najveću brojnost od 2.812 ind/m<sup>2</sup>. Unutar klase Gastropoda najzastupljenije vrste bile su *Theodoxus fluviatilis* (2,80%) i *Lithoglyphus naticoides* (2,14%), dok je u klasi Bivalvia *Dreissena polymorpha* bila dominantna vrsta sa 10% učešća u fauni dna na lokalitetu Stari Banovci. Brojnost vrste *T. fluviatilis* kretala se od svega 74 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Vinča, do 2.960 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, a vrste *L. naticoides* od 37 ind/m<sup>2</sup> (Višnjica) do 2.257 ind/m<sup>2</sup> (Stari Banovci). Školjka *D. polymorpha* sa 10.656 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, imala je najveću brojnost među mekušcima konstatovanim u delu Dunava na području Beograda.

Većina zabeleženih vrsta (72,55%), prilagođena je supstratu koji je tipičan za velike reke i muljevito – peskoviti tip podloge (pelal – mulj 43,24%, psamal – pesak 29,04% i argilal – glina 0,27%). Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 16,23%. Litofilnih vrsta, odnosno onih koje preferiraju krupniji supstrat – krupan šljunak i kamen (veličina čestica preko 2 cm), bilo

je 5,2%, dok je fitofilnih vrsta bilo 1,29%. Za 4,6% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

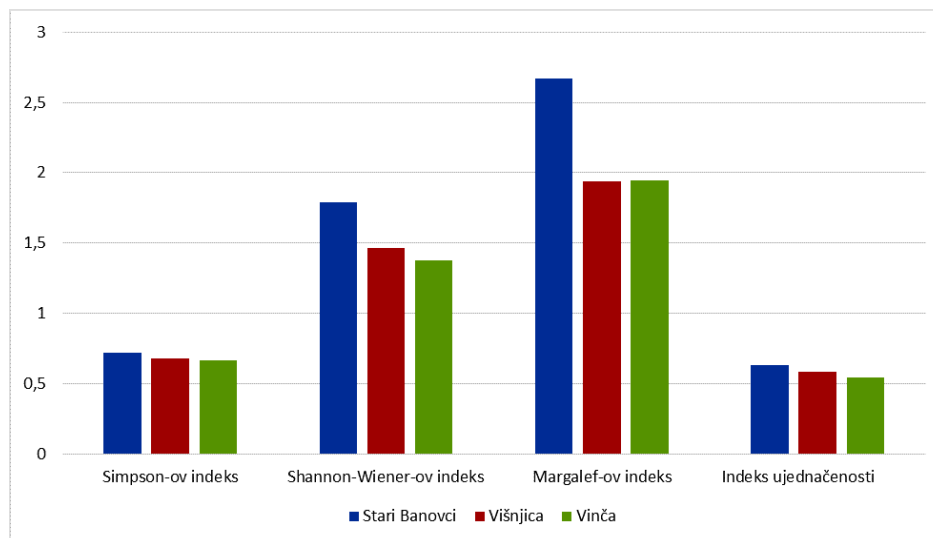
Pema Moog-u (2002) i AQEM klasifikaciji (2002) u odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta karakterističnih (tipičnih) za potamal – donji deo rečnog toka (72,79%). Manja je zastupljenost vrsta koje su karakteristične za gornje delove rečnog toka – ritral (24,83%), dok za 3,38% nema podataka.

Zajednicu makrobeskičmenjaka karakteriše dominacija taksona koji preferiraju usporen rečni tok i lentične zone, 62,97% su reolimnofili i 24,12% limnoreofili. Na veoma usporen tok prilagođeno je 1% vrsta (limnofili), dok 5,29% preferira umerene do brze rečne tokove (reofili). Brzina rečnog toka ne utiče na 3,07% vrsta, a 3,56% nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka jer ne postoje odgovarajući podaci. U bentosnoj zajednici Dunava dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači/kolektori (92,78%), aktivni filtratori su zastupljeni sa 3,12%, a zabeleženo je i 1,54% srtugača. Predatori su zastupljeni sa svega 0,3%, a za 2,18% taksona nema podataka.

Ukoliko se posmatra način kretanja, uočava se da je 59,45% vrsta u zajednici sesilno, 25,65% se ukopava i buši podlogu, 9,55% se kreće gibanjem, 0,92% pliva a za 4,41% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Dunava analizirane su i na osnovu Margalefovog indeksa, Shannonovog i Simpsonovog indeksa, kao i na osnovu ravnornosti, odnosno indeksa ujednačenosti. Vrednosti Shannonovog indeksa kretale su se od 1,14 do 2,07, Margalefovog indeksa od 0,79 do 3,22, Simpsonovog indeksa od 0,46 do 0,81, dok su se vrednosti indeksa ujednačenosti kretale od 0,40 do 0,74. Prosečne vrednosti analiziranih indeksa diverziteta date su na slici 6.

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Dunava na području Beograda, izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvan-u (1961), kretale su se od 2,13 u Starim Banovcima, do 3,44 u Višnjici (Tabela 10). Dobijene vrednosti ukazuju na to da kvalitet vode Dunava u ovom delu toka varira u širokom opsegu (od II do V klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka).



Slika 6. Prosečne vrednosti analiziranih indeksa diverziteta na tri istraživana lokaliteta na Dunavu u periodu 2007-2011. godina.

#### 4.2.2. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Save u periodu 2007-2011. godina

U Savi je u periodu 2007-2011. godina, zabeleženo 43 taksona, pri čemu je najveći broj taksona (15) zabeležen na lokalitetima Zabran i Makiš, a najmanji 8 taksona na lokalitetima Duboko i Makiš. Gustina zajednice kretala se od 24.050 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko do 50.283 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Makiš. Najveći udeo u zajednici imale su Oligochaeta 76,5% i bile su prisutne u svim uzorcima (F = 1). Najmanja prosečna zastupljenost oligoheta u bentocenozi Save, zabeležena je na lokalitetu Makiš (67,22%), dok je najveća (82,31%) zabeležena na lokalitetu Duboko. Gustina zajednice oligoheta kretala se od 21.349 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko, do 36.186 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Makiš.

Diptera su, iako sa malim procentualnim udelom u zajednici (8%), bile najraznovrsnije sa 14 taksona. Imale su i veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Save (F = 0,8). Prosečna zastupljenost diptera kretala se od 3,45% na lokalitetu Makiš do 18,76% na lokalitetu Zabran, gde su Diptera bile subdominantna taksonomska grupa. Diptera su imale najveću gustinu zajednice na lokalitetu Zabran (5.772 ind/m<sup>2</sup>), a najmanju na lokalitetu Duboko (1.221 ind/m<sup>2</sup>). Učešće Crustacea u zajednici dna reke

Save iznosi 1,13%, a zabeležene su u 3 uzorka ( $F = 0,1$ ), pri čemu su svi sa lokaliteta Zabran. Prosečna procentualna zastupljenost Crustacea na ovom lokalitetu iznosila je 5,62%, dok je brojnost bila 1.258 ind/m<sup>2</sup>. Udeo Mollusca u zajednici dna Save iznosio je 13,14% (Gastropoda 4,6% i Bivalvia 8,54%). Mollusca su bile predstavljene sa 7 taksona – 6 Bivalvia (sa učestalošću pojavljivanja  $F = 0,6$ ) i samo 1 Gastropoda ( $F = 0,5$ ). Najmanju prosečnu zastupljenost Mollusca su imale na lokalitetu Zabran (4,07%), a najveću na lokalitetu Makiš (28,73%, od toga 8,15% Gastropoda i 20,58% Bivalvia). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 740 ind/m<sup>2</sup> (Duboko) do 3.219 ind/m<sup>2</sup> (Makiš). Bivalvia su bile takođe najmanje brojne na lokalitetu Duboko (296 ind/m<sup>2</sup>), a najviše na lokalitetu Makiš (8.584 ind/m<sup>2</sup>). Turbellaria su bile prisutne samo na lokalitetu Zabran. Predstavljene su samo jednom vrstom (*Dugesia tigrina*) čija je prosečna procentualna zastupljenost iznosila 0,5%, a brojnost 111 ind/m<sup>2</sup>. Zastupljenost Nematoda kretala se od 0,12% na lokalitetu Makiš do 0,72% na lokalitetu Zabran. *Hypania invalida* je jedina zabeležena vrsta Polychaeta, i njen prosečan udeo u zajednici kretao se od 0,09% na lokalitetu Zabran do 1,70% na lokalitetu Duboko. Ephemeroptera (jedna vrsta, *Potamanthus luteus*) zabeležene su samo na lokalitetu Duboko sa prosečnim učešćem u zajednici od 0,41%, dok su Odonata bile zastupljene sa tri vrste (*Gomphus vulgatissimus*, *Ophiogomphus cecilia* i *Platycnemis pennipes*) na lokalitetu Zabran, pri čemu je *Gomphus vulgatissimus* zabeležena i na lokalitetu Makiš. Brojnost Odonata i Ephemeroptera je u Savi bila mala (Odonata 111 ind/m<sup>2</sup>, a Ephemeroptera 74 ind/m<sup>2</sup>). Oligochaeta su u Savi u beogradskom regionu bile zastupljene sa 12 vrsta među kojima je dominantna vrsta bila *Limnodrilus hoffmeisteri*. Procentualni udeo ove vrste u zajednici kretao se od 26,61% na lokalitetu Zabran, do 43,38% na lokalitetu Duboko. Na svim istraživanim lokalitetima na Savi ova vrsta je imala najveću brojnost u zajednici koja se kretala od 9.953 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran do 16.243 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Makiš. Subdominantna vrsta bila je *Limnodrilus claparedeanus* na lokalitetu Makiš, sa procentualnim udelom od 16,04% i 8.066 ind/m<sup>2</sup>, dok je na lokalitetu Duboko subdominantna vrsta bila *Branchiura sowerbyi* sa 15,85% udela u zajednici i brojnosti 3.811 ind/m<sup>2</sup>. *L. hoffmeisteri* i *B. sowerbyi* su ujedno imale i najveću učestalost pojavljivanja u zajednici ( $F = 0,87$  i  $0,80$ ), a *L. claparedeanus*  $F = 0,63$ . U okviru Crustacea zabeležena su tri taksona, dva iz reda Amphipoda i jedna vrsta iz reda Isopoda. Crustacea su imale prosečni udeo u zajednici dna od 5,62% na

lokalitetu Zabran, dok na ostalim lokalitetima ova grupa nije zabeležena. Na istraživanim lokalitetima na Savi na području Beograda zabeleženo je prisustvo samo jedne vrste iz grupe Gastropoda – *Lithoglyphus naticoides* čiji se prosečni udeo u zajednici kretao od 3,08% na lokalitetu Duboko, do 6,40% na lokalitetu Makiš, gde je ova vrsta imala brojnost od 3.219 ind/m<sup>2</sup>. U grupi Bivalvia, *Corbicula fluminea* je bila dominantna vrsta sa 16,56% učešća u fauni dna na lokalitetu Makiš i maksimalnom brojnošću od 8.325 ind/m<sup>2</sup>, dok su vrste *Anodonta cygnea*, *Sinanodonta woodiana*, *Unio pictorum* i *Unio tumidus* imale zastupljenost manju od 0,50% na svim lokalitetima. *L. naticoides* i *C. fluminea* su ujedno bile i najučestalije vrste iz razdela Mollusca (F = 0,2). Diptera su u bentosnoj zajednici Save bile predstavljene sa tri porodice, Simuliidae, Ceratopogonidae i Chironomidae. Chironomidae su bile zastupljene sa ukupno 12 taksona, pri čemu je 4 taksona zabeleženo na lokalitetu Duboko, a po 9 taksona na lokalitetima Zabran i Makiš. Simuliidae su zabeležene samo na lokalitetu Zabran sa svega 37 ind/m<sup>2</sup>, dok su Ceratopogonidae bile prisutne na sva tri istraživana lokaliteta. Njihova brojnost se kretala od 37 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko, do 148 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetima Zabran i Makiš. Najmanja brojnost Chironomida iznosila je 1.221 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko, a najveća 5.587 na lokalitetu Zabran.

Većina zabeleženih vrsta (71%) prilagođena je supstratu koji je tipičan za velike reke – muljevito-peskovit tip podloge (pelal – mulj 41,71%, psamal – pesak 27,7% i argilal – glina 1,6%). Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 8,7%. Litofilnih vrsta bilo je 5,2%, dok je fitofilnih bilo 0,78% u odnosu na celu zajednicu. Za 13,2% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji nekog tipa mikrostaništa.

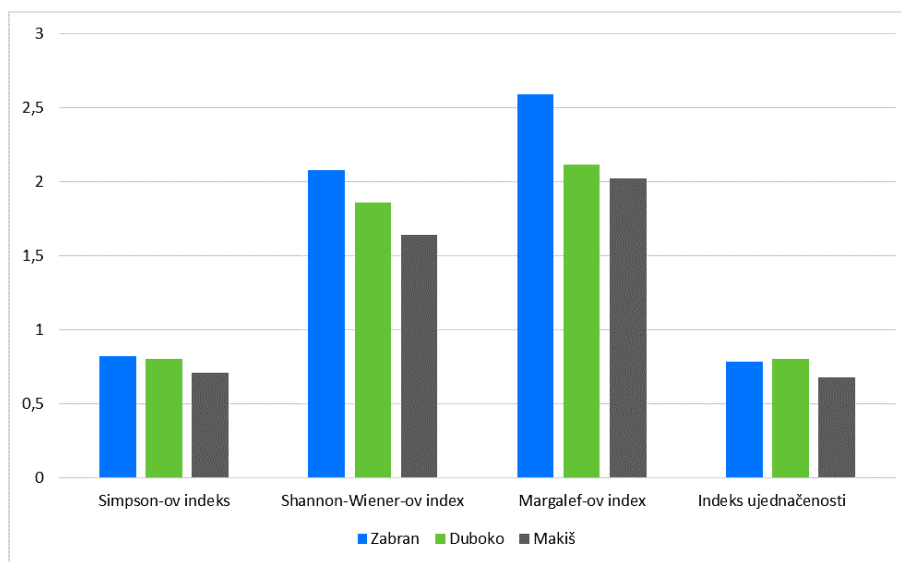
Pema klasifikaciji koju daju Moog (2002) i AQEM (2002), u odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (76,46%). Manja je zastupljenost vrsta koje su karakteristične za ritral (17,86%). Za ostale taksone nema dovoljno autekoloških podataka.

U zajednici makrobeskičmenjaka Save dominiraju reolimnofili (51,42%) i limnoreofili (29,74%), dok po 2,8% vrsta pripada limnofilima i reofilima. Brzina rečnog toka nije od značaja za 1,82% vrsta, a 11,42% nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka jer ne postoje odgovarajući autekološki podaci. U bentosnoj zajednici Save dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači/kolektori (91,48%), predatori

su zastupljeni sa 2,4%, aktivni filtratori sa 2,25%, zabeleženo je i 1,87% srtugača, 0,09% sekača, kao i 0,07% parazita. Za 1,83% taksona nema podataka.

Ukoliko se posmatra način kretanja uočava se da je 45,55% vrsta u zajednici sesilno, 23,24% se ukopava, 16,3% se kreće gibanjem, 0,78% pliva, dok za 14% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Save, analizirane su i na osnovu Margalefovog indeksa (2,02 - 2,59), Shannonovog indeksa (1,64 - 2,07), Simpsonovog indeksa (0,71 - 0,82), kao i na osnovu indeksa ujednačenosti (0,67 - 0,80). Prosečne vrednosti analiziranih indeksa diverziteta date su na slici 7.



Slika 7. Prosečne vrednosti indeksa diverziteta na istraživanim lokalitetima na Savi u periodu 2007-2011. godina.

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Save na području Beograda, izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu (1961), kretale su se od 2,57 do 3,34 (Tabela 10). Dobijene vrednosti ukazuju na to da kvalitet vode Save u ovom delu toka varira u širokom opegu (od II do V klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka).

Tabela 10. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu (1961) na istraživanim lokalitetima u periodu 2007-2011. godina i klase ekološkog statusa kojima pripadaju (Službeni glasnik RS 74/2011).

Tip vodotoka	Lokalitet/godina	2007		2008		2009		2010		2011	
Tip 1	Dunav – S. Banovci	2,84	III	3,11	IV	3,17	IV	2,13	II	3,25	V
	Dunav - Višnjica	3,44	V	3,36	V	3,24	V	3,19	IV	3,23	V
	Dunav - Vinča	3,39	V	3,35	V	3,15	IV	3,31	V	3,30	V
Tip 1	Sava - Zabran	3,08	IV	3,20	IV	3,03	IV	3,06	IV	2,60	II
	Sava - Duboko	3,18	IV	2,97	IV	2,89	III	2,85	III	2,87	III
	Sava - Makiš	3,34	V	2,92	IV	2,57	II	2,75	III	2,95	IV
Tip 2	Kolubara - Obrenovac	3,36	V	3,27	V	3,34	V	3,11	IV	2,83	III
	Kolubara - Čelije	2,50	II	2,92	III	2,24	II	2,19	II	1,84	I
Tip 3	Topčiderska reka	2,90	IV	3,27	V	2,96	IV	3,14	IV	2,68	III
Tip 3	Železnička reka	2,51	III	2,45	III	2,53	III	2,63	III	3,41	V

#### 4.2.3. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Kolubare u periodu 2007-2011. godina

U Kolubari je u periodu 2007-2011. godina, zabeleženo 78 taksona, pri čemu je najveći broj (39) zabeležen na lokalitetu Čelije, a najmanji (8) na lokalitetu Obrenovac. Gustina zajednice kretala se od 48.951 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije, do 83.694 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Obrenovac.

Oligochaeta su činile 56,70% zajednice i bile su prisutne u skoro svim uzorcima ( $F = 0,9$ ). Prosečna procentualna zastupljenost Oligochaeta iznosila je 31,39% na lokalitetu Čelije i 66,68% na lokalitetu Obrenovac. Gustina zajednice oligochaeta kretala se od 14.430 ind/m<sup>2</sup> (Čelije) do 60.791 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac). Procentualni udeo Ephemeroptera u zajednici iznosio je 15,87% i zabeležene su u 55% uzoraka ( $F = 0,55$ ). U bentocenozi Kolubare, prosečna procentualna zastupljenost Ephemeroptera na lokalitetu Obrenovac bila je 18,87%, a na lokalitetu Čelije 9,09%. Brojnost se kretala od 4.588 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije, do 16.465 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Obrenovac. Diptera su bile zastupljene sa 14,53%, ali su bile najraznovrsnije sa 28 taksona. Pored velikog diverziteta imale su i veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Kolubare ( $F = 0,95$ ).



Prosečna zastupljenost Diptera kretala se, od 13,18% na lokalitetu Obrenovac do 24,41% na lokalitetu Čelije, gde su bile subdominantna taksonomska grupa. Gustina zajednice Diptera kretala se od 5.594 ind/m<sup>2</sup> kod Obrenovca do 13.283 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije. Učešće Turbellaria u zajednici iznosi 5,52% sa malom učestalosti pojavljivanja ( $F = 0,3$ ). Turbellaria su bile prisutne samo na lokalitetu Čelije, a njihov posećni procentualni udeo u zajednici iznosio je 15,20%, a abundanca 7.326 ind/m<sup>2</sup>. Udeo Mollusca u zajednici dna Kolubare iznosio je svega 2,70%. Najmanju prosečnu zastupljenost Mollusca su imale na lokalitetu Obrenovac (0,86%), a najveću na lokalitetu Čelije (6,70%, od toga 6,47% Gastropoda i svega 0,23% Bivalvia). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 148 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac) do 3.219 ind/m<sup>2</sup> (Čelije). Bivalvia su bile podjednake brojnosti na oba lokaliteta na Kolubari (111 ind/m<sup>2</sup>). U zajednici dna Kolubare zabeleženo je 2,51% Trichoptera. Zabeležene su samo na lokalitetu Čelije i njihovo prosečno učešće u zajednici iznosilo je 7,13%, dok je brojnost iznosila 3.330 ind/m<sup>2</sup>. Zastupljenost Nematoda, Crustacea, Odonata, Plecoptera i Coleoptera bila je manja od 1% za svaku grupu. Abundanca Nematoda kretala se od 148 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac) do 962 ind/m<sup>2</sup> (Čelije), a Crustacea, odnosno Amphipoda od 37 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac) do 888 ind/m<sup>2</sup> (Čelije). Brojnost Plecoptera, Odonata i Coleoptera na lokalitetu Čelije na kom su jedino i konstatovane, iznosila je 185 ind/m<sup>2</sup>, 333 ind/m<sup>2</sup>, odnosno 296 ind/m<sup>2</sup>. Turbellaria su takođe, bile prisutne samo na lokalitetu Čelije. Zabeležene su tri vrste, *Dugesia lugubris*, *D. tigrina* i *Planaria torva*, čija je prosečna procentualna zastupljenost iznosila 14,51%, 0,15% i 0,30%. Najveću brojnost imala je vrsta *D. lugubris* (7.104 ind/m<sup>2</sup>), zatim *P. torva* (148 ind/m<sup>2</sup>), a najmanju *D. tigrina* (74 ind/m<sup>2</sup>). Zastupljenost Nematoda kretala se od 0,18% na lokalitetu Obrenovac, do 1,97% na lokalitetu Čelije. Prosečna procentualna zastupljenost Crustacea (Amphipoda) na lokalitetu Obrenovac iznosila je 0,04%, a na lokalitetu Čelije 1,81%. Crustacea su bile predstavljene sa dva taksona, Gammaridae gen. spp. div. i *Corophium curvispinum*, pri čemu su znatno veću brojnost imale Gammaridae gen. spp. div. 851 ind/m<sup>2</sup> nego *C. curvispinum* sa svega 37 ind/m<sup>2</sup>.

Među vrstama reda Ephemeroptera konstatovano je 11 taksona, a najveću zastupljenost imala je vrsta *Ephemera danica* na lokalitetu Obrenovac, sa prosečnim učešćem u zajednici od 19,58%, gde je ujedno bila i subdominantna vrsta u bentocenozi tog dela toka. Na lokalitetu Čelije, Ephemeroptera su imale manji udeo u zajednici ali su

bile raznovrsnije, zabeleženo je 10 taksona, među kojima su najzastupljenije bile *Baetis fuscatus* (1,89%) i *Caenis luctuosa* (1,36%). *E. danica* je imala najveću brojnost među insektima na lokalitetu Obrenovac (16.391 ind/m<sup>2</sup>), dok je na lokalitetu Čelije vrsta *B. fuscatus* bila najbrojnija (925 ind/m<sup>2</sup>). Odonata su bile zastupljene sa dve vrste, *Gomphus vulgatissimus* i *Platycnemis pennipes* na lokalitetu Čelije. Brojnost Odonata je na istraživanim lokalitetima bila mala, 333 ind/m<sup>2</sup>, odnosno 0,68%. Oligochaeta su u istraživanom delu Kolubare bile zastupljene sa 16 vrsta među kojima je dominantna vrsta bila *Limnodrilus hoffmeisteri*. Procentualni udeo ove vrste u zajednici kretao se od 9,37% na lokalitetu Čelije do 48,28% na lokalitetu Obrenovac. Subdominantna vrsta bila je *Limnodrilus claparedeanus* na lokalitetu Obrenovac, sa procentualnim udelom od 14,85%, dok je na lokalitetu Čelije subdominantna vrsta među oligohetama bila *Nais barbata* sa 4,91% udela u zajednici. *L. hoffmeisteri* i *Branchiura sowerbyi* su ujedno imale i najveću učestalost pojavljivanja u zajednici (F = 0,87 i 0,80), a *L. claparedeanus* F = 0,63. Brojnost vrste *L. hoffmeisteri* iznosila je 4.588 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije, odnosno 40.404 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Obrenovac.

Na istraživanim lokalitetima na Kolubari na području Beograda zabeleženo je prisustvo tri vrste iz grupe Gastropoda – *Theodoxus fluviatilis*, *Bithynia tentaculata* i *Lithoglyphus naticoides*, pri čemu je najveći prosečni udeo u zajednici imala vrsta *T. fluviatilis* 3,48% na lokalitetu Čelije. Među Bivalviam zabeleženo je prisustvo vrsta *Corbicula fluminea* i *Anodonta cygnea* na lokalitetu Obrenovac, kao i *Unio pictorum*, *U. tumidus* i *Pseudanadonta complanata* na lokalitetu Čelije. Njihova zastupljenost u zajednici bila je mala, ispod 0,1%. Brojnost školjki se kretala od 37 ind/m<sup>2</sup> do 74 ind/m<sup>2</sup>, dok je brojnost puževa bila daleko veća. Vrsta *L. naticoides* je imala najmanju zabeleženu brojnost na lokalitetu Obrenovac (111 ind/m<sup>2</sup>), a na lokalitetu Čelije 407 ind/m<sup>2</sup>. Najveću brojnost imala je vrsta *T. fluviatilis* 1.702 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije. Diptera su u bentosnoj zajednici Kolubare predstavljene sa pet porodica – Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Athericidae i Chironomidae. Chironomidae su bile zastupljene sa ukupno 24 taksona, pri čemu je 12 taksona zabeleženo na lokalitetu Obrenovac, a 20 taksona na lokalitetu Čelije. Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae (*Tipula lateralis*) i Athericidae (*Atherix ibis*) zabeležene su samo na lokalitetu Čelije. Brojnost Simuliidae bila je 4.477 ind/m<sup>2</sup>, Ceratopogonidae 148 ind/m<sup>2</sup>, Tipulidae 444 ind/m<sup>2</sup>, dok su Athericidae imale 111 ind/m<sup>2</sup>.

Većina zabeleženih vrsta (63,30%) prilagođena je muljevito-peskovitom tipu podloge (pelal – mulj 35,8%, psamal – pesak 26,85% i argilal – glina 0,63%). Fitofilnih vrsta bilo je 10,23%. Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 1,76%. Litofilnih vrsta bilo je 7,24%, dok za 11,85% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa. Na lokalitetu Obrenovac dominiraju taksoni prilagođeni muljevito-peskovitoj podlozi sa 80,79% od ukupnog broja zabeleženih taksona na ovom lokalitetu, dok je na lokalitetu Čelije, zabeleženo najviše fitofilnih (27,20%) i litofilnih vrsta (15,90%).

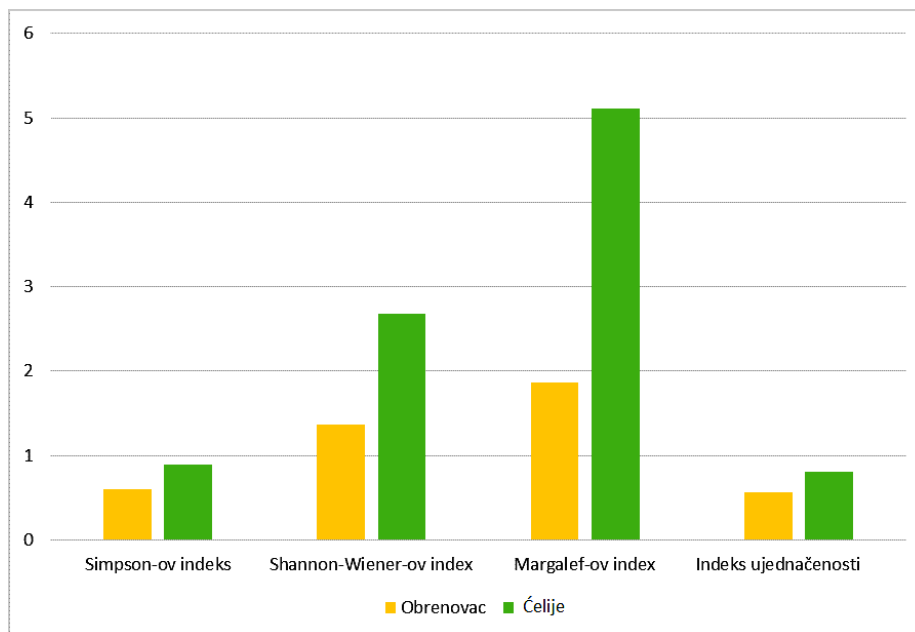
Pema klasifikaciji koju daju Moog (2002) i AQEM klasifikaciji (2002) u odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći udeo imaju vrste karakteristične za potamal – 64,37%, dok ritral preferira 31,67% vrsta zabeleženih u Kolubari. Za 11,35% nema podataka.

U zajednici makrobeskičmenjaka Kolubare dominantno su zastupljeni reolimnofili (48,26%), dok su subdominantni tipični reofili (21%). Na veoma usporen tok prilagođeno je 3,71% vrsta, dok je 4,55% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 10,54% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U bentosnoj zajednici Kolubare dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači/kolektori (67,25%), zatim slede aktivni filtratori sa 10,62%, predatori su zastupljeni sa 8,76%, zabeleženo je 6,6% strugača, pasivnih filtratora 1,14%, 0,27% sekača i 0,17% parazita. Za 5% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja, uočava se da je 42,71% vrsta u zajednici sesilno, 19,19% se ukopava, 18,28% se kreće gibanjem, 5% pliva i za 14,7% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Kolubare, analizirane su i na osnovu Margalefovog, Shannonovog, Simpsonovog indeksa diverziteta, kao i na osnovu ravnomernosti, odnosno indeksa ujednačenosti, čije su vrednosti date su na slici 8.



Slika 8. Prosečne vrednosti indeksa diverziteta na istraživanim lokalitetima Kolubare u periodu 2007-2011. godina.

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Kolubare na području Beograda, izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu (1961), kretale su se od 1,84 do 3,36 (Tabela 10). Dobijene vrednosti ukazuju na to da Kolubara u ovom delu toka varira u širokom opsegu (od I do V klase ekološkog statusa za tip 2 vodotoka).

#### 4.2.4. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Topčiderske reke u periodu 2007-2011. godina

U Topčiderskoj reci je u periodu 2007-2011. godina zabeleženo 25 taksona. Oligochaeta su činile 64,96% zajednice i bile su prisutne u svim uzorcima. Dominantna vrsta bila je *Limnodrilus hoffmeisteri* (16,35%), a subdominantna *L. claparedeanus* (15,36%). Zabeleženo je prisustvo Nematoda koje su bile zastupljene sa 1,53%, ali su zabeležene u 50% analiziranih uzoraka sa Topčiderske reke ( $F = 0,5$ ). Hirudinea su bile predstavljene jednom vrstom, *Erpobdella octoculata* i prosečnim procentualnim udelom u zajednici od svega 0,18%. Učestalost javljanja hirudinea bila je takođe mala,  $F = 0,2$ .

Diptera su bile zastupljene sa 33,33%, bile su najraznovrsnije sa 13 taksona, a imale su i veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Topčiderske reke ( $F = 1$ ).

Diptera su u zajednici Topčiderke reke predstavljene porodicama Psychodidae i Chironomidae. Za razliku od porodice Chironomidae, koja je bila raznovrsnija, porodica Psychodidae bila je predstavljena samo jednom vrstom – *Ulomyia fuliginosa*. Chironomidae su bile zastupljene sa ukupno 12 taksona iz tri potporodice (7 taksona iz potporodice Chironominae, jedan iz Tanypodinae i 4 iz Orthocladiinae). Dominantna vrsta hironomida bila je *Chironomus* gr. *plumosus* sa prosečnim procentualnim udelom u zajednici od 27,37%. Subdominantna vrsta u zajednici hironomida Topčiderske reke bila je *Cricotopus sylvestris* sa 19,24%.

Većina zabeleženih vrsta (45,76%) prilagođena je muljevito-peskovitom tipu podloge (pelal – mulj 33,11%, psamal – pesak 12,29% i argilal – glina 0,27%). Fitofilnih vrsta bilo je 9%. Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene, takođe sa 9%. Litofilnih vrsta bilo je 1,69%, dok za 34% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

U zajednici makrobeskičmenjaka Topčiderske reke dominantno su zastupljeni reolimnofili (19,10%), dok su limnoreofili subdominantni (12,02%). Tipični reofili su zastupljeni sa 7,72%. Na veoma usporen tok prilagođeno je 2,66% vrsta, dok je 21,50% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 37% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U zajednici Topčiderske reke, dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači/kolektori (69,49%), zatim slede vrste koje se hrane struganjem (16%), aktivni filtratori (6,33%), predatori (2,53%), a zabeleženo je i 2,43% vrsta koje se hrane kidanjem (sekači) i 0,43% parazita. Za 2,79% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja uočava se da je 19,09% vrsta u zajednici sesilno, 12,35% se ukopava, 9,06% se kreće gibanjem, 3,46% pliva i za 56,04% nema podataka o načinu kretanja.

#### 4.2.5. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Železničke reke u periodu 2007-2011. godina

U Železničkoj reci je u periodu 2007-2011. godina zabeleženo 36 taksona. Oligochaeta su činile 23,63% zajednice i bile su prisutne u svim uzorcima. Dominantna vrsta bila je *Nais pseudobtusa* (12,70%), *N. barbata* bila je zastupljena sa 3,09 %, dok su ostale vrste imale zastupljenost manju od 3%. Zabeleženo je prisustvo Nematoda koje su bile zastupljene sa 2,47%, ali su zabeležene u 60% analiziranih uzoraka sa Železničke reke. Hirudinea su bile predstavljene jednom vrstom, *Glossiphonia complanata* sa prosečnim procentualnim udelom u zajednici od svega 0,13%. Učestalost javljanja hirudinea bila je takođe mala,  $F = 0,1$ .

Diptera su bile dominantne u Železničkoj reci sa 72,64%, bile su najraznovrsnije sa 18 taksona, a imale su i veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Železničke reke ( $F = 1$ ). Diptera su u zajednici Železničke reke predstavljene porodicama – Psychodidae Simuliidae, Ceratopogonidae i Chironomidae. Za razliku od porodice Chironomidae koja je bila raznovrsnija, porodica Psychodidae bila je predstavljena samo jednom vrstom – *Pericoma blandula* (0,21%). Chironomidae su bile zastupljene sa ukupno 15 taksona iz tri potporodice (6 taksona iz potporodice Chironominae, 2 iz Tanypodinae i 7 iz Orthocladiinae).

Za većinu zabeleženih vrsta u toku Železničke reke (59%) nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa, 21% je fitofilnih, a 14% vrsta prilagođeno je muljevito-peskovitom tipu podloge (pelal – mulj 8,48%, psamal – pesak 5,46% i argilal – glina 0,06%). Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 0,63%, a litofilne vrste sa 3,58%.

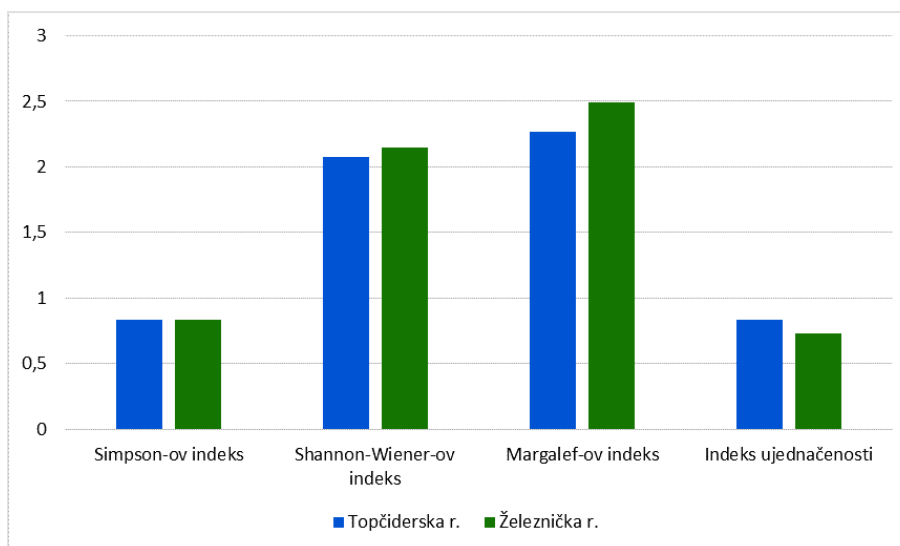
U zajednici makrobeskičmenjaka Železničke reke dominantno su zastupljeni reolimnofili (9%), dok su subdominantni reofili bili zastupljeni sa 6,84%. Na veoma usporen tok prilagođeno je 5,94% vrsta, limnoreofila bilo je 3,21%, dok je 3,87% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 71,14% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U zajednici Topčiderske reke, dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači/kolektori (45,91%), zatim slede vrste koje se hrane struganjem (36%), aktivni filtratori (7,52%), predatori (4,44%), a zabeleženo je i 3,73% vrsta koje se hrane

kidanjem, onih koje buše je 0,76% i 0,31% parazita. Za 1,32% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja, uočava se da se 10,7% se kreće gibanjem, 5,49% vrsta u zajednici je sesilno, 4,15% pliva, dok se 1,18% se ukopava, dok za najveći broj zabeleženih taksona, 78,43% nema podataka o načinu kretanja.

U istraživanom delu Topčiderske i Železničke reke, vrednosti Shannonovog indeksa iznosile su 2,07 (Topčiderska reka) i 2,15 (Železnička reka), Margalefovog indeksa 2,27 (Topčiderska reka) i 2,49 (Železnička reka), Simpsonovog indeksa 0,83 za obe reke, dok su vrednosti indeksa ujednačenosti iznosile 0,83 (Topčiderska reka) i 0,73 (Železnička reka). Prosečne vrednosti analiziranih indeksa diverziteta date su na slici 9.



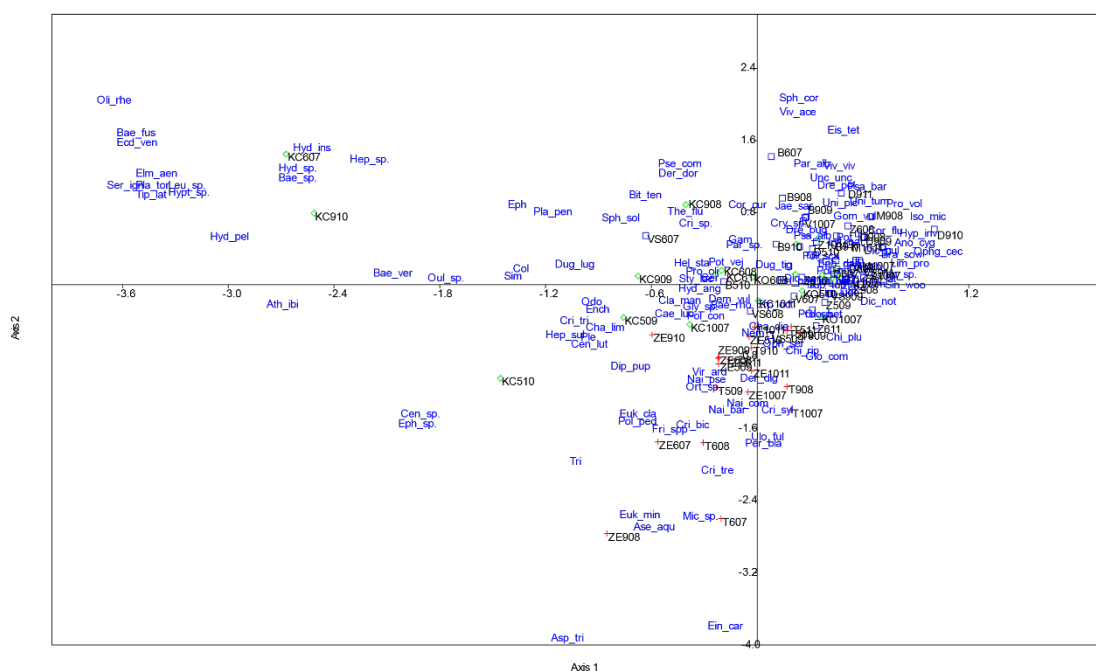
Slika 9. Prosečne vrednosti indeksa diverziteta na istraživanim lokalitetima Topčiderske i Železničke reke u periodu 2007-2011. godina.

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Topčiderske i Železničke reke, izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti Topčiderske reke po Zelinka-Marvanu (1961), kretale su se od 2,68 do 3,27, a Železničke reke od 2,45 do 3,41 (Tabela 10). Dobijene vrednosti ukazuju na to da su Topčiderska reka i Železnička reka u granicama III, odnosno V klase ekološkog statusa za tip 3 vodotoka.

#### 4.3. Analiza zajednica u odnosu na sredinske parametre

Analiza razlika u strukturi zajednice u periodu visokih i niskih voda, u periodu 2007-2011. godina, kao i analiza sezonske dinamike vrsta pokazale su da nema statistički značajnih razlika između zajednica akvatičnih beskičmenjaka istraživanih tokova na području Beograda (Mann-Whitney test,  $p \geq 0,29$ ).

Podaci o sastavu zajednica, prikupljeni tokom istraživanja tri tipa vodotoka na području Beograda, analizirani su primenom kanonijske analize (CA), pri čemu se uočava da se lokalitet Ćelije na Kolubari (tip 2 vodotoka) kao i Topčiderska i Železnička reka (tip 3), jasno izdvajaju od lokaliteta na Savi i Dunavu (tip 1) po sastavu zajednica akvatičnih beskičmenjaka (Slika 10). Prva CA osa objašnjava 5,55%, a druga 5,24% ukupne varijabilnosti. Duž prve CA ose izdvajaju se uzorci KC607, KC910, KC510, svi sa istog lokaliteta Ćelije na Kolubari, koji se izdvajaju od ostalih po tipu podloge i po najvećem diverzitetu insekatske komponente u zajednici akvatičnih beskičmenjaka.

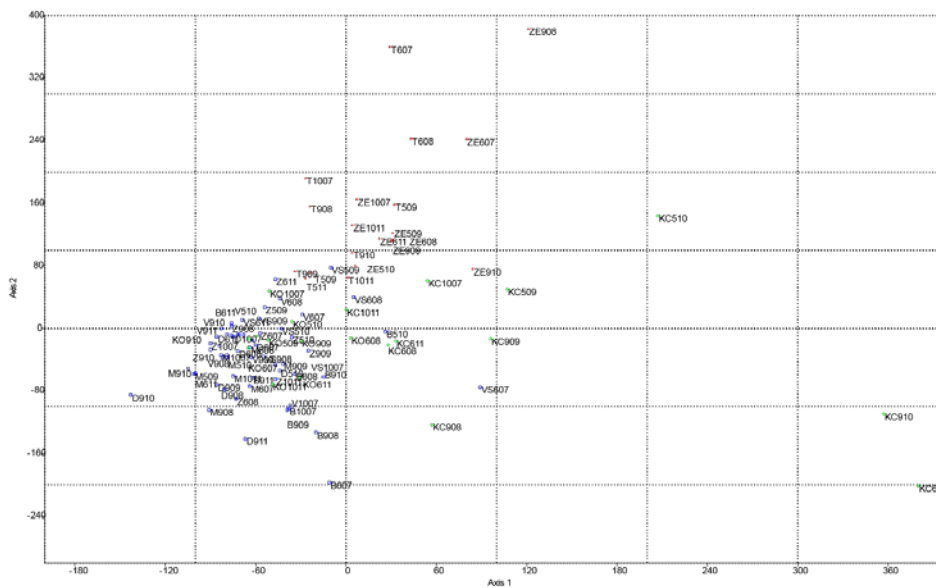


Slika 10. CA ordinacijski biplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u istraživanim tokovima na području Beograda (objašnjenje skraćenica dato je u priložima 1 i 2).



Po drugoj CA osi izdvajaju se uzorci T607, T608, ZE607 i ZE908. Ovi uzorci uzeti su sa istraživanih delova toka Topčiderske i Železničke reke, a od ostalih zajednica izdvajaju se po prisustvu zajednice hironomida. Na slici 10 uočava se grupisanje uzoraka sa Dunava i Save.

Rezultati detrendovane korespondentne analize (DCA) ukazuju na veliku heterogenost u strukturi analiziranih zajednica (Slika 11), i s obzirom na to da je najveći skor na x-osi znatno veći od  $4.SD$ , urađena je kanonijsko korespondentna analiza (CCA) za razmatranje gradijenta uticaja ekoloških faktora na sastav zajednica.



Slika 11. DCA ordinacijski biplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u istraživanim tokovima na području Beograda (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 1).

#### 4.3.1. Analiza uticaja hemijskog sastava vode na zajednice akvatičnih beskičmenjaka

Za konstrukciju najboljeg podskupa, skupa promenljivih koje će ući u analizu, upotrebljena je "Forward Selection" (FS) analiza, zasnovana na Pearsonovom korelacionom testu ( $p < 0,05$ ), a statistička značajnost dobijenih rezultata potvrđena je Monte Carlo permutacionim testom (999 ponavljanja). Analiza je urađena kako bi se utvrdilo da li i u kojoj meri postoji zavisnost faunističke varijabilnosti zajednica koje su zabeležene na istraživanim tokovima i sredinskih faktora (fizički i hemijski parametri vode). Rezultati analize dati su u tabeli 11.

Tabela 11. Rezultati "forward selection" analize odabira najboljeg podskupa sredinskih parametara koji utiču na analizirane zajednice u istraživanim tokovima na području Beograda. Prikazani su rezultati proseka tromesečnih merenja (A) i mesečnih vrednosti (B), i to samo onih parametara koji su pokazali statistički značajan rezultat ( $p < 0,05$ ).

Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1,2 i 3 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Alk	0,6305	6,68902	0,0000	Alk	0,5883	6,20412	0,0000
NH3	0,6100	6,45767	0,0000	NH3	0,5400	5,66531	0,0000
Ele	0,6079	6,43365	0,0000	Tvr	0,5321	5,57815	0,0000
NO2	0,5924	6,25963	0,0000	Suv	0,5296	5,55016	0,0000
Tvr	0,5921	6,25588	0,0000	BPK5	0,4888	5,10060	0,0000
Suv	0,5746	6,06017	0,0000	NO2	0,4577	4,76014	0,0000
Cl	0,5439	5,71740	0,0000	TotC	0,4459	4,63171	0,0000
Sus	0,5164	5,41217	0,0000	Cl	0,4278	4,43527	0,0000
BPK5	0,4912	5,13514	0,0000	Ele	0,4038	4,17565	0,0000
NO3	0,4846	5,06224	0,0000	TotN	0,3905	4,03302	0,0000
TotC	0,4739	4,94509	0,0000	TotP	0,3756	3,87313	0,0000
TotP	0,4051	4,19703	0,0000	NO3	0,3736	3,85109	0,0000
TotN	0,3939	4,07591	0,0000	HPK	0,2368	2,40673	0,0000
Cu	0,3681	3,79809	0,0000	O2	0,1461	1,47133	0,0000
Fe	0,3590	3,70163	0,0000	Fe	0,1416	1,42577	0,0140
HPK	0,2775	2,83691	0,0000	O2%	0,1365	1,37381	0,0140
Tem	0,2622	2,67573	0,0000	Zn	0,1222	1,22814	0,0140
Zn	0,1755	1,77556	0,0000	pH	0,1222	1,22725	0,0100
O2%	0,1389	1,39980	0,0000	Sus	0,1111	1,11510	0,0100
O2	0,0917	0,91950	0,0040	As	0,1053	1,05637	0,0040
pH	0,0737	0,73757	0,0460	Tem	0,1015	1,01796	0,0040
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1 i 2 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Sus	0,6242	6,57430	0,0000	NO2	0,3084	3,11124	0,0000
Ele	0,5145	5,34145	0,0000	Alk	0,2800	2,81421	0,0000
Fe	0,3920	4,00463	0,0000	Tvr	0,2577	2,58251	0,0000
NO2	0,2914	2,93852	0,0000	NO3	0,2281	2,27797	0,0000
Tem	0,2640	2,65370	0,0000	BPK5	0,1804	1,79088	0,0000
Cl	0,2488	2,49512	0,0000	NH3	0,1748	1,73339	0,0000
Alk	0,2472	2,47920	0,0000	Fe	0,1661	1,64581	0,0220
NH3	0,2249	2,24867	0,0000	pH	0,1384	1,36627	0,0220
TotC	0,2089	2,08516	0,0020	TotC	0,1363	1,34557	0,0020
HPK	0,1873	1,86432	0,0020	TotP	0,1329	1,31090	0,0020
Tvr	0,1819	1,80914	0,0020	HPK	0,1245	1,22678	0,0240
NO3	0,1702	1,69034	0,0020	Suv	0,1219	1,20157	0,0200
TotP	0,1404	1,38875	0,0060	Cl	0,0911	0,89445	0,0020
BPK5	0,1375	1,36011	0,0080	Tem	0,0818	0,80170	0,0020
Suv	0,1152	1,13651	0,0340				
Zn	0,1049	1,03378	0,0120				
O2%	0,0997	0,98182	0,0160				

Tabela 11. nastavak

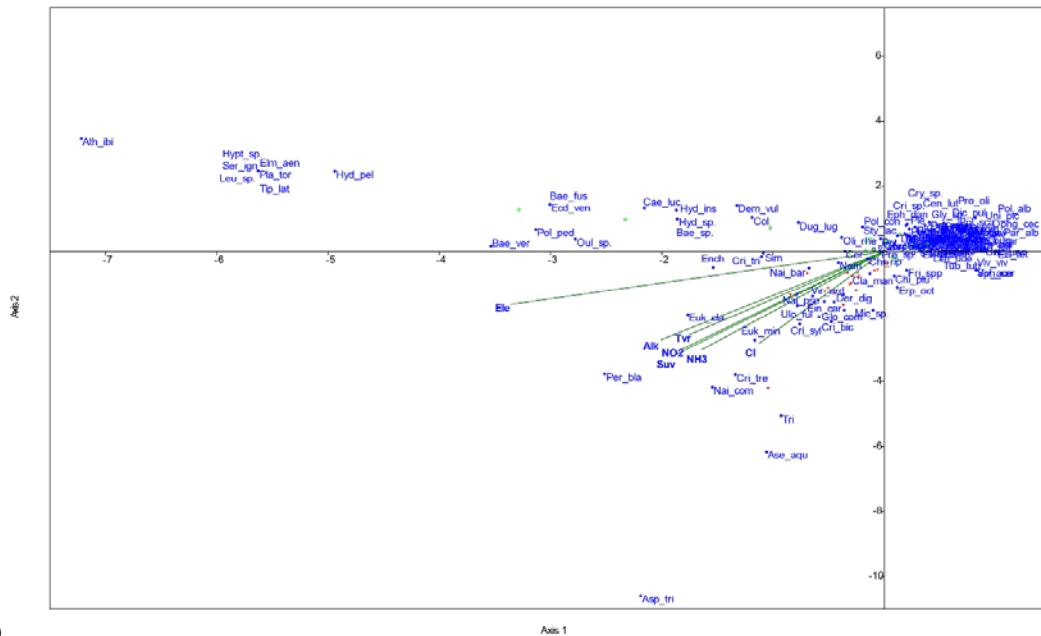
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Sus	0,6242	6,57430	0,0000	NH3	0,2113	2,76392	0,0000
Ele	0,5145	5,34145	0,0000	Fe	0,195	2,54046	0,0000
Fe	0,3920	4,00463	0,0000	Trans	0,1833	2,38314	0,0000
NO2	0,2914	2,93852	0,0000	NO3	0,1785	2,31727	0,0000
Tem	0,2640	2,65370	0,0000	BPK5	0,1749	2,26915	0,0000
Cl	0,2488	2,49512	0,0000	NO2	0,1593	2,05933	0,0000
Alk	0,2472	2,47920	0,0000	HPK	0,1521	1,96306	0,0000
NH3	0,2249	2,24867	0,0000	TotC	0,1292	1,66016	0,0280
TotC	0,2089	2,08516	0,0000	Suv	0,1209	1,55046	0,0280
HPK	0,1873	1,86432	0,0000	pH	0,1093	1,39802	0,0020
Tvr	0,1819	1,80914	0,0000	Tvr	0,1088	1,39118	0,0020
NO3	0,1702	1,69034	0,0000	Ele	0,1036	1,32331	0,0020
TotP	0,1404	1,38875	0,0060	Sus	0,1028	1,31293	0,0020
BPK5	0,1375	1,36011	0,0080	TotP	0,0988	1,26133	0,0020
Suv	0,1152	1,13651	0,0340	Alk	0,0847	1,07703	0,0080
Zn	0,1049	1,03378	0,0120	Tem	0,0780	0,99092	0,0020
O2%	0,0997	0,98182	0,0160				
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 2 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Sus	0,6431	2,53678	0,0020	NH3	0,1955	2,68805	0,0000
Cl	0,6172	2,42148	0,0020	BPK5	0,1860	2,55073	0,0000
HPK	0,6073	2,37769	0,0020	NO2	0,1511	2,05128	0,0000
Ele	0,5933	2,31619	0,0020	HPK	0,1402	1,89793	0,0000
TotC	0,5880	2,29321	0,0020	Sus	0,1383	1,87095	0,0020
NO2	0,5376	2,07493	0,0020	Tvr	0,1338	1,80820	0,0020
NH3	0,5135	1,97256	0,0020	Suv	0,1327	1,79280	0,0040
Fe	0,4666	1,77534	0,0020	Ele	0,1222	1,64681	0,0040
Tem	0,4243	1,60084	0,0040	pH	0,1158	1,55756	0,0320
Alk	0,3945	1,47974	0,0040	Alk	0,1105	1,48417	0,0500
				NO3	0,1098	1,47456	0,0120
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 3 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
TotC	0,3200	2,01501	0,0000	BPK5	0,3284	2,07393	0,0000
NO2	0,3074	1,92725	0,0000	NH3	0,2341	1,43322	0,0000
NH3	0,2784	1,72901	0,0020	NO2	0,1956	1,18320	0,0120
Cl	0,2779	1,72559	0,0020	HPK	0,1937	1,17098	0,0080
BPK5	0,2613	1,61425	0,0020	O2	0,1752	1,05260	0,0080
Alk	0,2553	1,57414	0,0020	Fe	0,1654	0,99082	0,0360
NO3	0,2349	1,43829	0,0020	NO3	0,154	0,91942	0,0120
Ele	0,2138	1,30044	0,0020	pH	0,145	0,86296	0,0420
Sus	0,2096	1,27311	0,0020				
Tvr	0,1755	1,05436	0,0260				
TotP	0,1538	0,91819	0,0380				

Razmatranjem višemesečnih uticaja odabranih sredinskih faktora (prosečne vrednosti merenih parametara) na sastav zajednica, uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti 0,39 i 0,34) opisuju 55,90% varijabilnosti između vrsta i sredinskih faktora (Slika 12a).

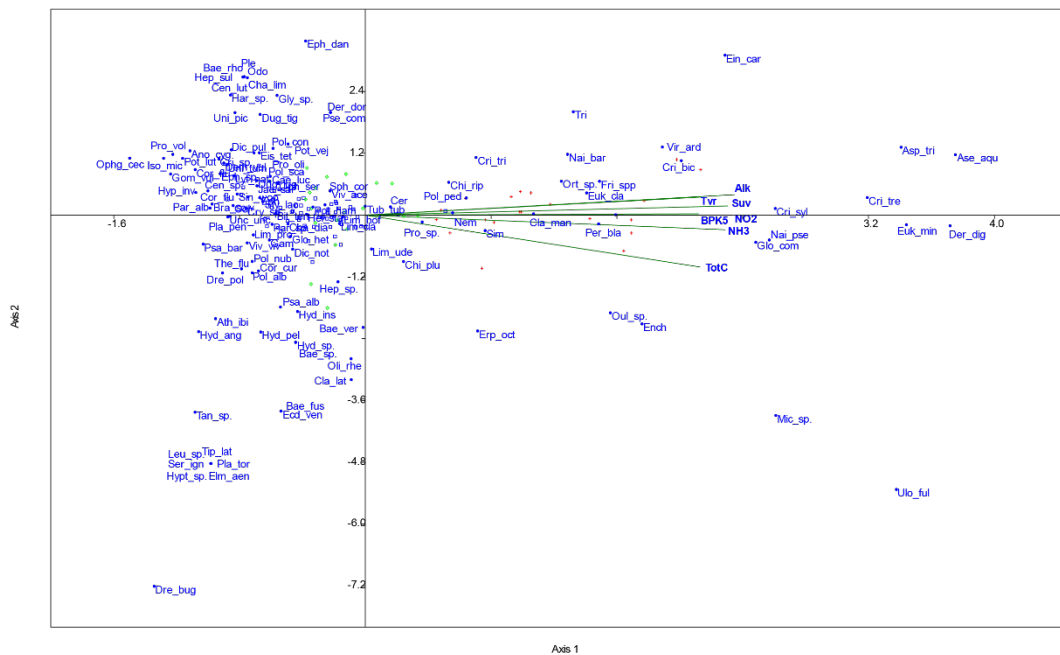
Dobijeni rezultati ukazuju na izdvajanje zajednica Topčiderske i Železničke reke, što je prethodno pokazano i CA analizom. Raspored u okviru analiziranih zajednica uslovljen je u najvećoj meri prisustvom hironomida *Cricotopus tremulus*, *C. bicinctus*, *C. sylvestris*, *Eukiefferiella claripennis* i *E. minor*, *Virgatanytarsus arduennensis* i *Apsectrotanytus trifascipennis* koje su bile ili dominantne u Topčiderskoj i Železničkoj reci dok su na ostalim lokalitetima bile prisutne u manjem broju, ili su bile prisutne jedino u Topčiderskoj i/ili Železničkoj reci, zatim oligoheta *Nais communis* i *N. pseudoptusa*, pijavice *Glossiphonia complanata* kao i prisustvom dve vrste Diptera *Pericoma blandula* i *Ulomia fuliginosa*. Ove vrste su pozitivno korelisane, odnosno njihovo prisustvo uslovljeno je uslovima staništa i to koncentracijom prisutnih jona u vodi (elektroprovodljivost), odnosno mineralnih materija u vodi (suvi ostatak koji ostaje žarenjem na 105°C). Ove promenljive pokazuju najveću negativnu korelaciju sa prvom, odnosno sa drugom CCA osom. Sa druge strane uočava se i izdvajanje zajednice makrobeskičmenjaka Kolubare kod Čelija koju karakteriše prisustvo većeg broja insekatskih grupa. U zajednici se izdvajaju vrste Ephemeroptera – *Baetis fuscatus*, *B. vernus*, *Serratella ignita*, *Ecdyonurus venosus*, *Caenis luctuosa*, Trichoptera – *Hydropsyche pellucidula*, *H. instabilis*, *Hydroptila* sp., Plecoptera – *Leucta* sp., Coleoptera – *Elmis aenea* i Diptera – *Tipula lateralis* i *Atherix ibis*. Zajednice Dunava i Save negativno su korelisane sa sredinskim faktorima. Sa druge strane, ako se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 12b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti 0,29 i 0,15) opisuju 54,29% varijabilnosti. Vrste *C. tremulus*, *C. bicinctus*, *C. sylvestris*, *C. triannulatus*, *E. claripennis*, *E. minor*, *V. arduennensis*, *Ch. plumasus*, *Ch. riparius*, *Micropsectra* sp., *A. trifascipennis*, *Nais barbata*, *N. pseudoptusa*, *Dero digitata*, *Erpobdella octoculata*, *G. complanata*, *P. blandula* i *U. fuliginosa* pokazuju pozitivnu korelaciju sa odabranim setom analiziranih parametara koji su se izdvojili kao statistički najznačajniji za strukturiranje zajednica akvatičnih beskičmenjaka (alkalitet, ukupna tvrdoća vode, suvi ostatak, amonijum joni, nitriti, ukupni organski ugljenik i biološka

potrošnja kiseonika) i jasno izdvajanje zajednica Topčiderske i Železničke reke od ostalih.

a)



b)



Slika 12. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica zabeleženih u tri tipa istraživanih tokova na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; plavo Dunav i Sava, zeleno Kolubara, crveno Topčiderska i Železnička reka).

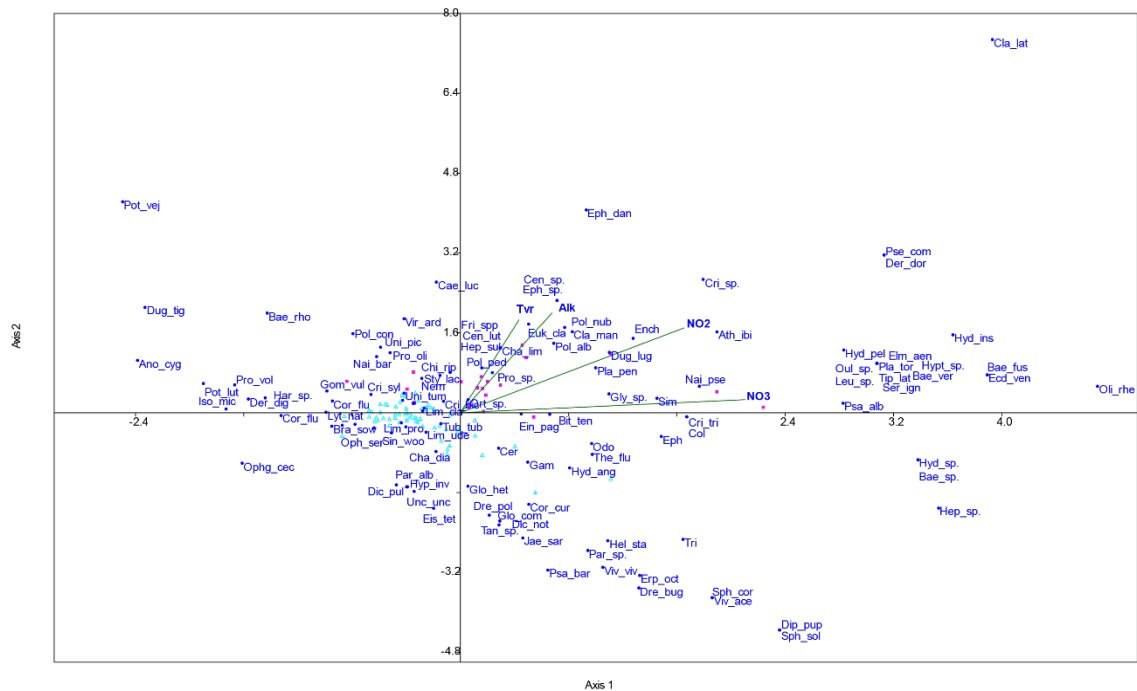
Izostavljanjem Topčiderske i Železničke reke iz analize, dolazi se do jasnije diferencijacije ostalih reka duž gradijenta sredinskih faktora (Slika 13a). Kolubara se izdvaja od Dunava i Save po sastavu zajednice u kojoj je udeo insekatske komponente veći. U zajednici Kolubare konstatovne su vrste iz reda Ephemeroptera (*Baetis fuscatus*, *B. rhodani*, *Ephemera danica*, *Ecdyonurus venosus*, *Oligoneuriella rhenana*), Trichoptera (*Hydropsyche instabilis*) i Diptera (*Virgatanytarsus arduennensis*, *Criptochironomus* sp., *Cladopelma lateralis*, *Glyptotendipes* sp., *Atherix ibis*), a faunistička varijabilnost analizirane zajednice u najvećoj meri uslovljena je koncentracijom suspendovanih materija i nitrita (prve dve CCA ose – eigen-vrednosti od 0,36 i 0,18, opisuju 79,34% varijabilnosti između vrsta i sredinskih faktora). Najveću pozitivnu korelaciju sa prvom CCA osom i najveći uticaj na zajednicu ima količina suspendovanih materija.

Sa druge strane, ako se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 13b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,27 i 0,20) opisuju 76,93% varijabilnosti, a ovakva korelisanost ukazuje na jaku vezu u odnosu između zajednice i analiziranih parametara. Najveći pozitivan skor na prvoj osi ima koncentracija nitrata u vodi, kao i koncentracija nitrita, a sa njima su u najvećoj pozitivnoj korelaciji *Nais pseudobtusa*, *Psamoricetides albicola*, *Enchytraeus* sp., *Dero dorsalis*, *Dugesia lugubris*, *Planaria torva*, *Platycnemis pennipes*, *Hydropsyche pellucidula*, *H. instabilis*, *Hydroptila* sp., *Baetis fuscatus*, *Ephemera danica*, *Serratella ignita*, *Ecdyonurus venosus*, *Oligoneuriella rhenana*, *Leuctra* sp., *Oulimnius* sp., *Cricotopus* sp., *C. triannulatus*, *Glyptotendipes* sp., *Tipula lateralis*, *Atherix ibis*, Simuliidae.

a)



b)



Slika 13. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u dva tipa istraživanih reka na području Beograda (Dunav i Sava – tip 1 (trougao) i Kolubara – tip 2 (kvadrat) i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2).

Radi boljeg sagledavanja zajednica i faktora koji na njih utiču, analiza je urađena i po tipovima vodotoka, odnosno zasebno su analizirane zajednice Save i Dunava, zatim zajednica Kolubare, kao i Topčiderske i Železničke reke.

Ponovnim odabirom seta promenljivih koje su se pokazale kao značajne u strukturiranju zajednice Save i Dunava ističe se podskup parametara koji ima najviše uticaja na zajednice istraživanih delova toka ovih reka. Pojedini parametri koji se ističu kao statistički značajni periodično su mereni (Ti, Al, Li, Ba) i iz tog razloga isključeni su iz analize. U tabeli 11 prikazani su statistički značajni rezultati ( $p < 0,05$ ) FS analize u odnosu na istraživane zajednice po tipu vodotoka.

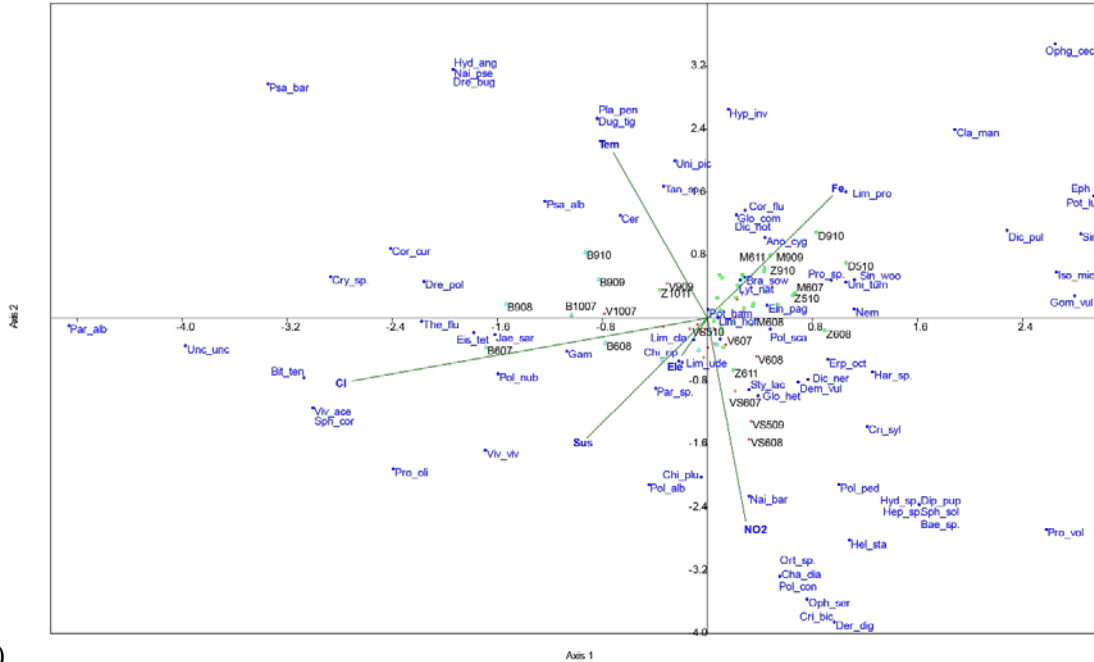
Rezultati multivarijantne analize (CCA) pokazuju razdvajanje zajednica Dunava i Save (Slika 14a). Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,23 i 0,19), opisuju 61,28% varijabilnosti između vrsta i sredinskih faktora u istraživanim delovima toka. Prema našim rezultatima uočava se da je najveći uticaj na zajednicu Dunava imala koncentracija hlorida, koja ima najveći negativni skor na prvoj CCA osi, zatim količina suspendovanih materija, kao i koncentracija nitrita sa najvećim negativnim skorom na drugoj osi, dok temperatura ima najveći pozitivan skor na drugoj osi. Ovi parametri su u najvećoj meri uticali na zajednicu dna zabeleženu u Starim Banovcima, a ona se izdvaja od ostalih lokaliteta koji su bili u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom Fe i nitrita. Najveću pozitivnu korelaciju sa koncentracijom hlorida imaju *Bithynia tentaculata*, *Viviparus acerosus*, *V. viviparus*, *Theodoxus fluviatilis*, *Sphaerium corneum*, *Dreissena polymorpha*, *Polypedilum nubeculosum*, *Prodiamesa olivacea*, *Uncinaxis uncinata*, *Cryptotendipes* sp. i *Jaera istri*. Pozitivnu korelaciju sa koncentracijom nitrita imaju i vrste *Nais barbata*, *Ophidonais serpentina*, *Dero digitata*, *Chaetogaster diaphanus*, *Helobdella stagnalis*, *Glossiphonia heteroclita*, *Polypedilum albicorne*, *P. pedestre*, *P. convictum*, *Chironomus plumosus*, *Cricotopus bicinctus*, koje su tolerantne na organsko zagađenje kakvo je prisutno na lokalitetu Višnjica.

Rezultati ove analize ukazuju da je koncentracija gvožđa u najvećoj meri uticala na strukturiranje zajednice zabeležene u Savi. Sa druge strane, ako se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 14b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,24 i 0,17) opisuju 57,50% varijabilnosti,

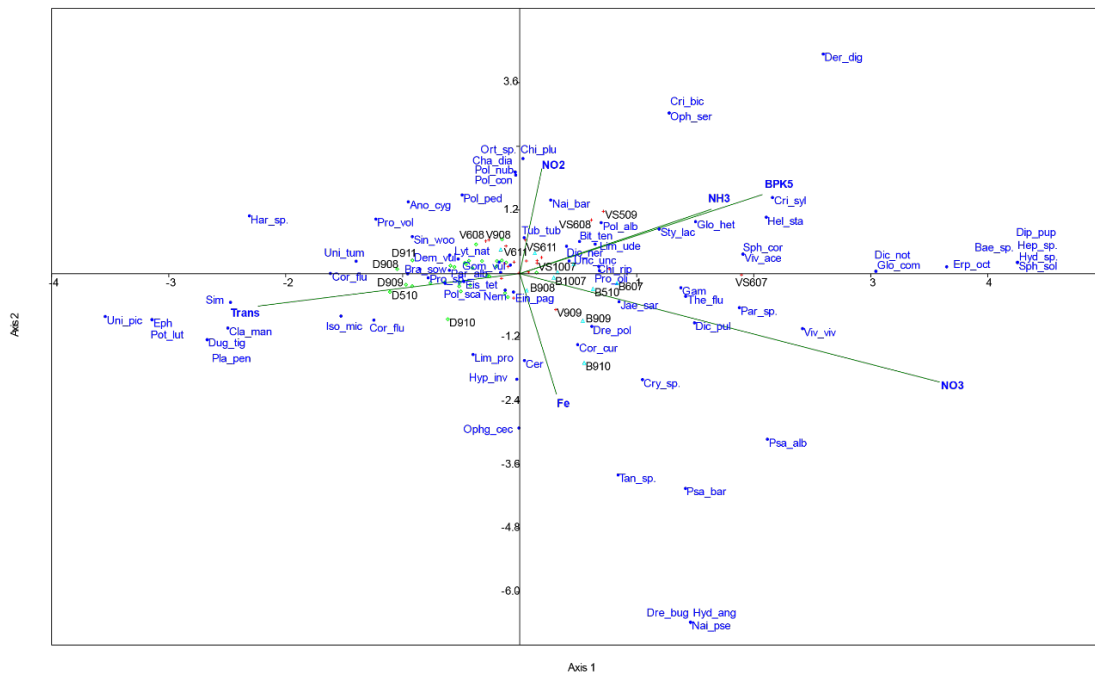


a ovakva korelisanost ukazuje na jaku vezu u odnosu između zajednice i analiziranih parametara.

a)



b)



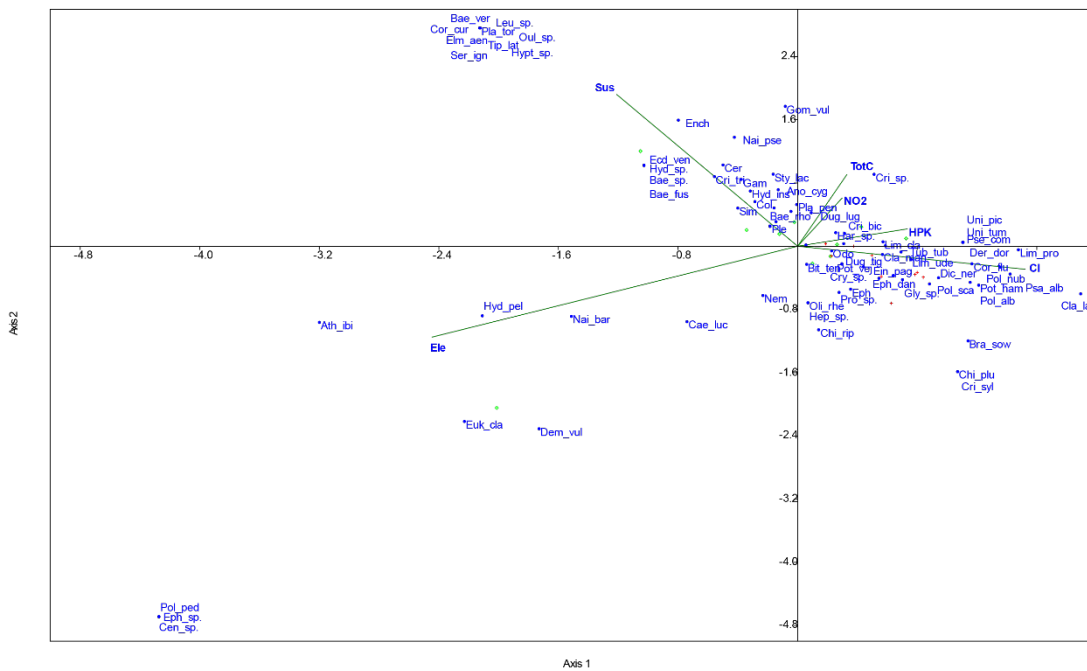
Slika 14. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u istraživanom delu toka Dunava i Save (tip 1 vodotoka) na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Sava, crveno Višnjica i Vinča, plavo Stari Banovci).

Najveći pozitivan skor na prvoj osi ima koncentracija nitrata u vodi, i biološka potrošnja kiseonika, a sa njima su u najvećoj pozitivnoj korelaciji *Glossiphonia complanata*, *Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*, *Dicrotendipes notatus*, *D. pulsus*, *Cricotopus sylvestris*, *Sphaerium corneum*, *Viviparus acerosus*, zabeležene na lokalitetu Višnjica, dok su sa njima u negativnoj korelaciji zajednice zabeležene u Savi (*Dugesia tigrina*, *Isochaetides michaelsoni*, *Corbicula fluminea*, *Unio tumidus*, *U. pictorum*, *Plactycnemis pennipes*, *Potamathus luteus*, Simulidae, *Cladotanytarsus mancus*, *Harnischia* sp.), koje su u pozitivnoj korelaciji sa proвидноšću vode, a koja ima najveći negativan skor na prvoj CCA osi.

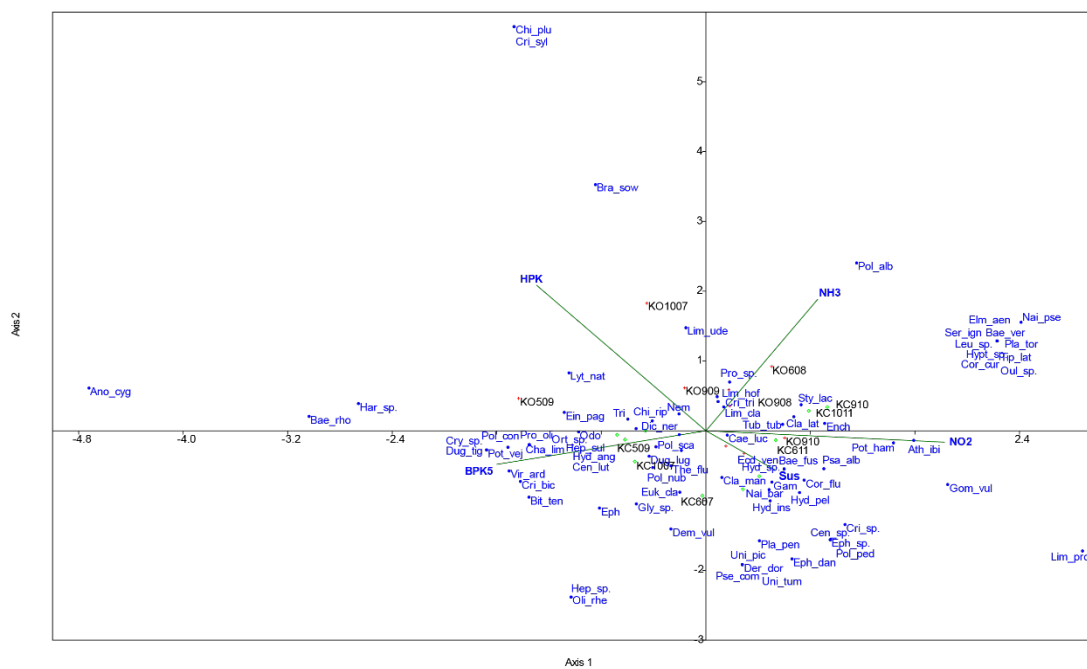
Prema analiziranim podacima, na distribuciju vrsta u okviru analiziranih zajednica dva lokaliteta Kolubare uticali su, u najvećoj meri, elektroprovodljivost i suspendovane materije, što je dovelo do razdvajanja uzvodnog lokaliteta, gde uslovi staništa pogoduju razvoju većeg broja insekata tolerantnih na umereno zagađenje, naročito Ephemeroptera i Trichoptera. Najveću korelisanost sa količinom rastvorenih jona u vodi (elektroprovodljivost) pokazale su vrste *Hydropsyche pelucidula*, *Nais barbata*, *Atherix ibis*, ali i *Demicryptochironomus vulneratus* i *Eukiefferiella claripennis*, dok su sa količinom suspendovanih materija pozitivno korelisane efemeroptere *Ecdyonurus venosus*, *Baetis fuscatus*, *B. vernosus*, *Serratella ignata*, zatim *Corophium curvispinum* i *Planaria torva*. Zajednicu na nizvodnom lokalitetu (Obrenovac) uglavnom čine vrste tolerantne na organsko zagađenje, što se može uočiti i na slici 15a. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,48 i 0,40), opisuju 51,29% varijabilnosti između vrsta i sredinskih faktora na istraživanom delu toka Kolubare. Najveći pozitivan skor po prvoj CCA osi imala je koncentracija hlorida. Pozitivnu korelaciju sa hloridima (prisutni u komunalnim i industrijskim vodama) pokazuju vrste oligoheta – *Limnodrilus profundicola*, *Dero dorsalis*, *Potamothrix hammoniensis* i *Psammoryctides albicola*, hironomide *Polypedilum nubeculosum*, *P. albicorne*, *P. scalaenum*, *Dicrotendipes nervosus* i školjke *Corbicula fluminea*, *Pseudanodonta complanata*, *Unio tumidus* i *U. pictorum*. Ukoliko se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 15b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,34 i 0,29) opisuju 55,83% varijabilnosti, a ovakva

korelisanost ukazuje na jaku vezu u odnosu između zajednice i analiziranih parametara. Najveći pozitivan skor na prvoj osi ima koncentracija nitrita i amonijum jona u vodi, a sa njima su pozitivno korelisane vrste tolerantne na umereno zagađenje *Gomphus vulgatissimus*, *Atherix ibis*, *Oulimnius* sp., *Elmis aenea*, *Serratell ignita*, *Baetis vernosus*, *Nais pseudoptusa*, *Stylaria lacustris*, *Potamotheix hammoniensis*, *Corophium curvispinum*, *Planaria torva*, *Polypedilum albicorne*, *Cladopelma lateralis*. Pozitivnu korelaciju sa koncentracijom amonijum jona i HPK, koje imaju pozitivan skor na drugoj osi, pokazuju *Limnodrilus udekemianus* i *Branchiura sowerbyi*, dok su sa BPK<sub>5</sub> i HPK pozitivno korelisane vrste tolerantne na pojačano organsko zagađenje i manje količine kiseonika u vodi – *Dugesia tigrina*, *Potamotheix vejdoskyi*, *Chaetogaster limnaei*, *Hydropsyche angustipennis*, *Bithinia tentaculata*, *Einfeldia pagana*, *Prodiamesa olivacea*, *Polypedilum convictum*, *Cryptochironomus* sp., *Harnischia* sp., *Virgatanytarsus arduennensis*, *Cricotopus bicinctus*, *Glyptotendipes* sp. i *Eukiefferiella claripennis*.

a)



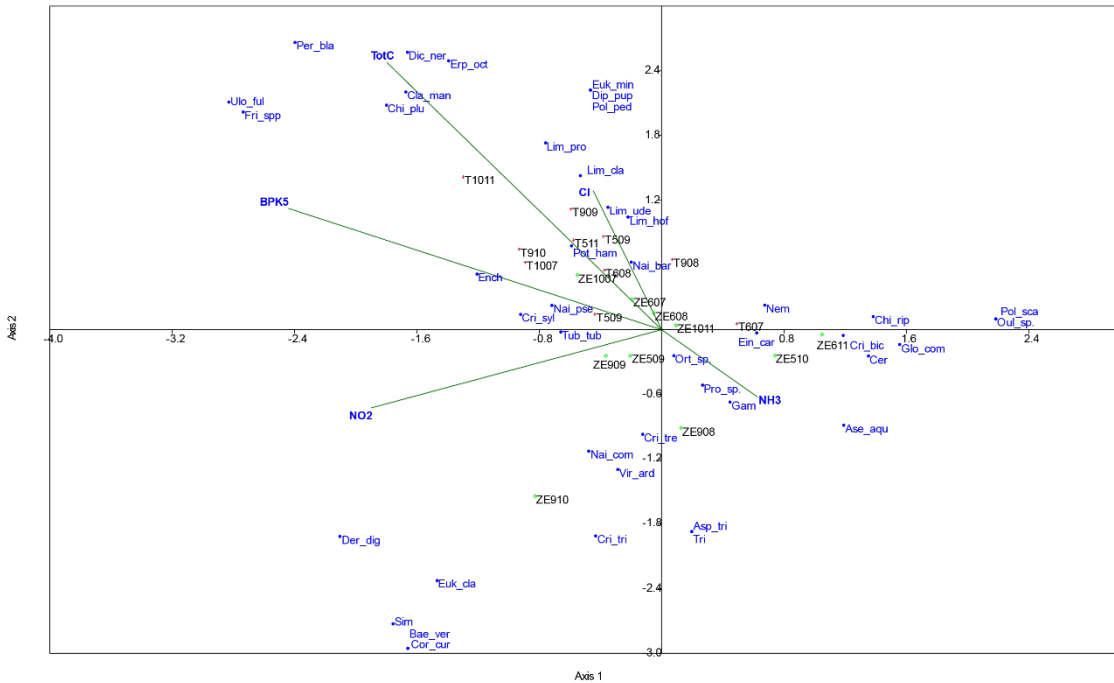
b)



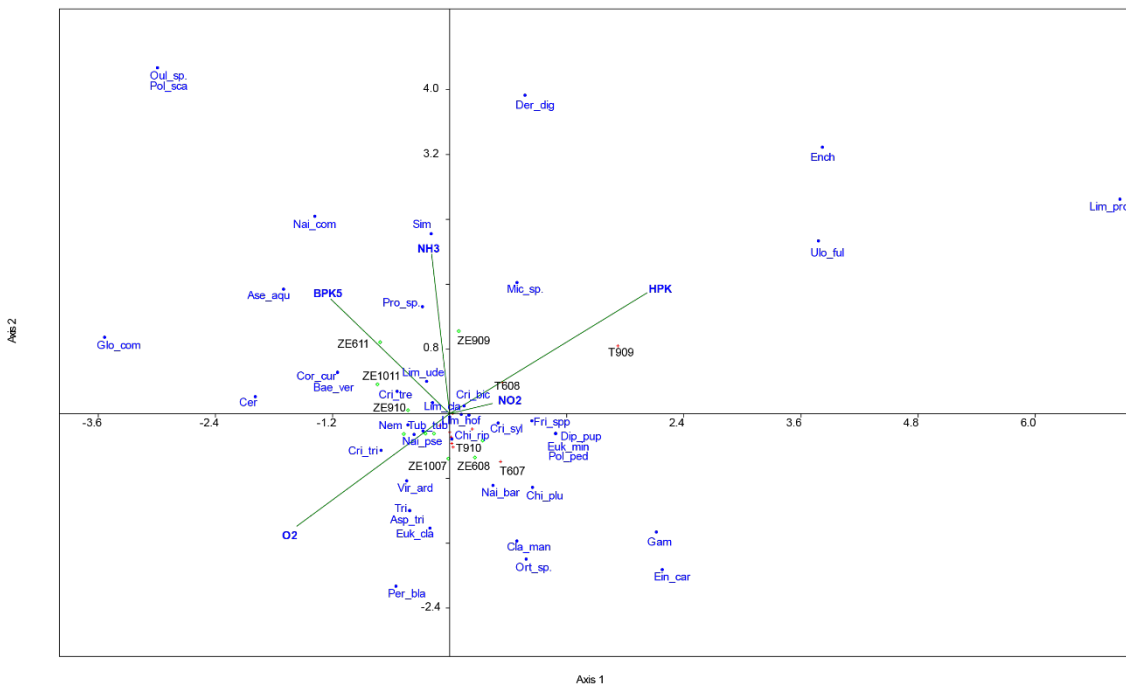
Slika 15. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u istraživanom delu toka Kolubare (tip 2 vodotoka) na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; crveno Obrenovac, zeleno Čelije).

Rezultati CCA analize Topčiderske i Železničke reke (tip 3 vodotoka) pokazuju da prve dve ose objašnjavaju 66,64% varijabilnosti između vrsta i sredinskih faktora, od kojih BPK<sub>5</sub> ima najveći negativni skor sa prvom osom, a ukupni organski ugljenik najveći pozitivni skor sa drugom CCA osom (Slika 16a). Zajednica Topčiderske reke je u pozitivnoj korelaciji sa ovim sredinskim parametrima koji su u najvećoj meri uticali na distribuciju vrsta u ovoj reci. Pozitivnu korelaciju sa ukupnim organskim ugljenikom pokazuju *Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus profundicola*, *L. claparedeanus*, *Cladotanytarsus mancus*, *Chironomus gr. plumosus*, *Dicrotendipes nevosus*, *Erpobdella octoculata*, a sa biološkom potrošnjom kiseonika i koncentracijom nitrita u vodi pozitivno su korelisane *Nais pseudoptusa*, *Tubifex tubifex*, *Enchytraeus* sp. i *Cricotopus sylvestris*. *Limnodrilus hoffmeisteri* i *L. udekemianus* pokazuju pozitivnu korelaciju sa koncentracijom hlorida i organskog ugljenika. Zajednica Železničke reke negativno je korelisana u odnosu na ove parametre, dok su vrste ove zajednice pozitivno korelisane u odnosu na koncentraciju nitrita i amonijum jona u vodi (*Gammaridae*, *Asellus aquaticus*, *Nais communis*, *Virgatanytarsus arduennensis*, *Cricotopus tremulus*, *C. triannulatus*). Ukoliko se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 16b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,23 i 0,20) opisuju 63,36% varijabilnosti, a ovakva korelisanost ukazuje na jaku vezu u odnosu između zajednice i analiziranih parametara. Najveći pozitivan skor na prvoj osi ima HPK sa kojom su u pozitivnoj korelaciji *Micropsectra* sp., *Enchytraeus* sp. i *Ulomyia fuliginosa* zabeležene u Topčiderskoj reci, dok su zajednicu Železničke reke karakterisale vrste koje su u pozitivnoj korelaciji sa BPK<sub>5</sub> i koncentracijom amonijum jona – *Asellus aquaticus*, *Nais communis*, *Dero digitata* i *Glossiphonia complanata*.

a)



b)



Slika 16. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica akvatičnih beskičmenjaka zabeleženih u istraživanim delovima toka Topčiderske i Železničke reke (tip 3 vodotoka) na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; crveno Topčiderska, zeleno Železnička reka).

#### 4.3.2. Analiza uticaja hemijskog sastava sedimenta na zajednice akvatičnih beskičmenjaka

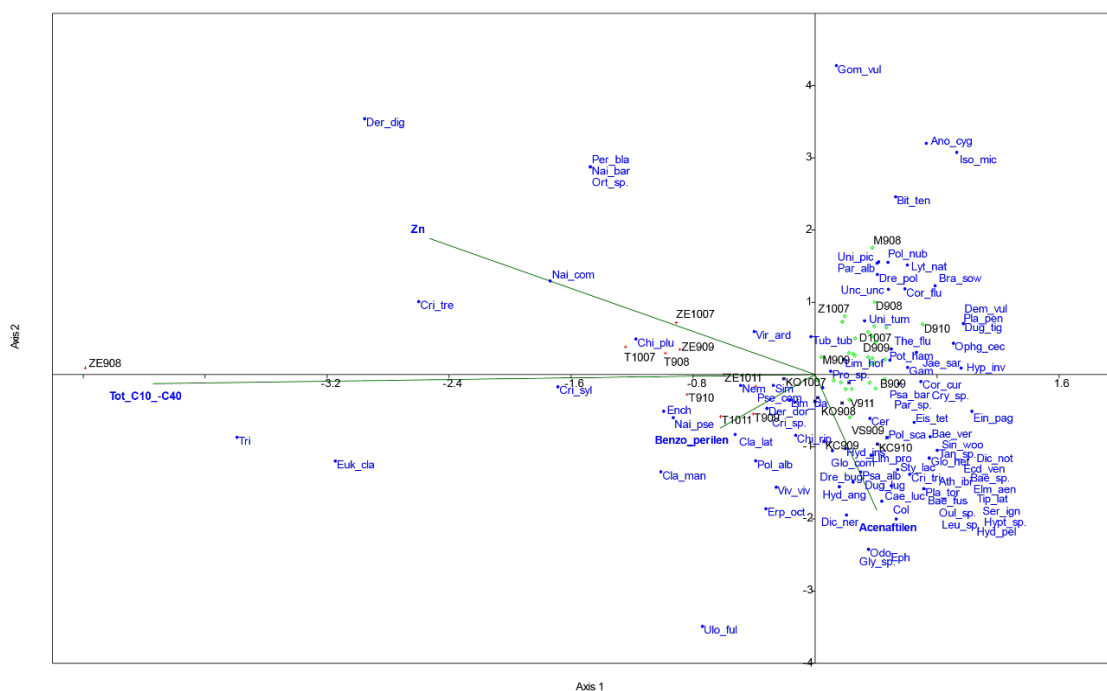
Na distribuciju vrsta utiče i sastav sedimenta, a ako se uzme u obzir da je u zabeleženim zajednicama ova tri tipa vodotoka dominantna grupa pelofilnih, psamofilnih i argilofilnih akvatičnih beskičmenjaka, važno je analizirati i uticaj hemijskog sastava sedimenta na bentosne zajednice. Odabir promenljivih koje imaju najveći uticaj na zajednice ovih reka urađen je, kao i u predhodnim analizama, uz pomoć FS analize, koja se zasniva na Pearsonovom korelacionom testu ( $p < 0,05$ ), a statistička značajnost dobijenih rezultata potvrđena je Monte Carlo permutacionim testom (999 ponavljanja). Rezultati analize dati su u Tabeli 12.

Rezultati CCA analize, kojom je analiziran uticaj hemijskog sastava sedimenta na bentosne zajednice zabeležene u tri tipa istraživanih vodotoka na području Beograda, dati su na Slici 17. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,43 i 0,17) objašnjavaju 85,03% varijabilnosti između vrsta i sredine koja ih okružuje (sedimenta). Prema našim rezultatima najveći negativan skor na prvoj osi ima koncentracija ukupnih ugljovodonika ( $C_{10}-C_{40}$ ), odnosno mineralnih ulja u sedimentu. Sa drugom CCA osom najveći pozitivan skor ima koncentracija Zn u sedimentu, a najveći negativan skor ima koncentracija acetnaftilena.

Tabela 12. Rezultati analize odabira najboljeg podskupa analiziranih parametara sedimenta koji utiču na analizirane zajednice u istraživanim tokovima na području Beograda. Prikazani su rezultati onih parametara koji su pokazali statistički značajan rezultat ( $p < 0,05$ ).

Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1,2 i 3 vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Tot C10-C40	0,4595	0,74064	0,0040
Acenaften	0,2058	0,10127	0,0360
Cd	0,2112	0,56131	0,0240
Zn	0,1431	0,42455	0,0440
Benzo perilen	0,1750	0,29995	0,0140
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1 i 2 vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Cu	0,2625	0,82089	0,0240
Ni	0,2346	0,28165	0,0180
Zn	0,2140	0,53255	0,0500
Krizen	0,2522	0,38094	0,0300
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 1 vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Ni	0,2796	2,04759	0,0020
As	0,1852	1,32478	0,0020
Cd	0,1837	1,31386	0,0080
Naftalen	0,1784	1,27389	0,0020
Hg	0,1635	1,16342	0,0020
Cu	0,1358	0,95956	0,0280
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 2 vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Cd	0,6178	2,59178	0,0300
Cu	0,5115	2,04441	0,0000
Ni	0,4991	1,98416	0,0180
Hg	0,3636	1,36370	0,0060
As	0,3200	1,17895	0,0160
Naftalen	0,3043	1,11401	0,0080
Fluoren	0,2761	0,99930	0,0400
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u tipu 3 vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Acenaftilen	0,4492	1,57958	0,0100
Cd	0,4026	1,39050	0,0000
Tot C10-C40	0,3978	1,37124	0,0000
Fluoren	0,3617	1,22994	0,0040
Cu	0,3617	1,22992	0,0040



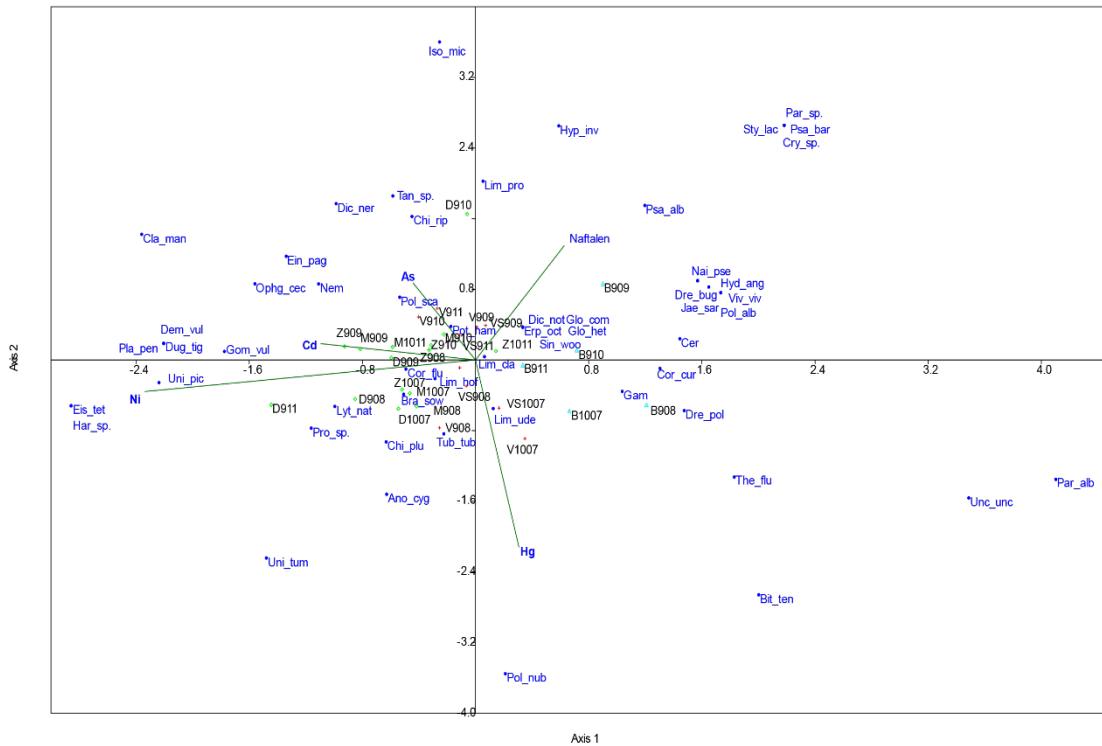


Slika 17. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica, zabeleženih u tri tipa istraživanih tokova na području Beograda, i hemijskog sastava sedimenta (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Dunav i Sava, plavo Kolubara, crveno Topčiderska i Železnička reka).

Uočava se izdvajanje zajednice akvatičnih beskičmenjaka tolerantnih na polutante, u ovom slučaju na prisustvo Zn i organskih mikroplutanata (ukupni ugljovodonici i benzo (g,h,i) perilen) u sedimentu Topčiderske i Železničke reke. Pozitivnu korelaciju sa koncentracijom Zn u sedimentu pokazuju hironomide *Chironomus gr. plumosus*, *Cricotopus tremulus* i *Virgatanytarsus arduennensis* i oligohete *Dero digitata* i *Nais communis*, dok su *Eukiefferiella claripennis*, *Cricotopus tremulus* i *C. sylvestris* pozitivno korelisane sa koncentracijom mineralnih ulja. Pozitivnu korelaciju sa koncentracijom benzo (g,h,i) perilena u sedimentu pokazale su *Cladopelma lateralis*, *Polypedilum albicorne*, *Cladotanytarsus mancus*, *Chironomus riparius*, *Dicrotendipes nervosus*, *Erpobdella octoculata*, a ove vrste su u pozitivnoj korelaciji i sa koncentracijom acetnaftilena. Negativnu korelaciju sa koncentracijom benzo (g,h,i) perilena i Zn pokazuju zajednice akvatičnih beskičmenjaka istraživanog dela toka Dunava, Save i Kolubare (negativno korelisane sa koncentracijom Zn). Radi boljeg sagledavanja uticaja kvaliteta sedimenta na sastav zajednica, analiza je urađena i

po tipovima vodotoka, odnosno zasebno su analizirane zajednice Save i Dunava, zatim zajednica Kolubare, kao i Topčiderske i Železničke reke.

Ponovnim odabirom seta promenljivih koje su se pokazale kao značajne u strukturiranju zajednica u odnosu na tip vodotoka, ističe se podskup parametara koji ima najviše uticaja na zajednice istraživanih delova ovih reka (Tabela 12).

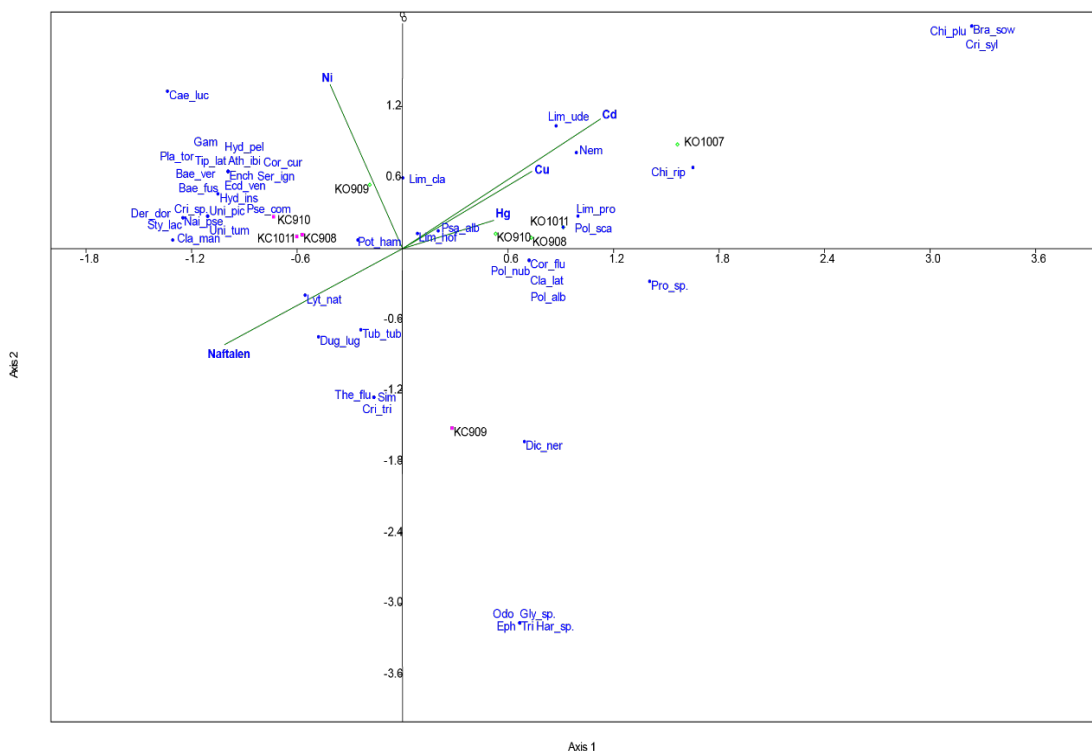


Slika 18. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica, zabeleženih u Dunavu i Savi na području Beograda, i hemijskog sastava sedimenta (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Sava, crveno Višnjica i Vinča, plavo Stari Banovci).

Rezultati CCA analize kojom je analiziran uticaj hemijskog sastava sedimenta na bentosne zajednice zabeležene u tipu 1 vodotoka (Dunav i Sava), na području Beograda, dati su na Slici 18. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,30 i 0,20) objašnjavaju 62,47% varijabilnosti između vrsta i sedimenta. Dobijeni rezultati pokazuju da najveći negativan skor na prvoj CCA osi ima koncentracija Ni. Najveći uticaj na bentosnu zajednicu Save imale su koncentracije Ni i Cd u sedimentu, a sa njima su pozitivno korelisane vrste *Lythoglyphus naticoides*, *Unio pictorum*, *Dugesia tigrina*, *Platynemis pennipes*, *Gomphus vulgatisimus*, *Ophiogomphus cecilia*, *Chironomus gr. plumosus*, *Procladius* sp., *Demicriptochironomus vulneratus*, *Einfeldia*

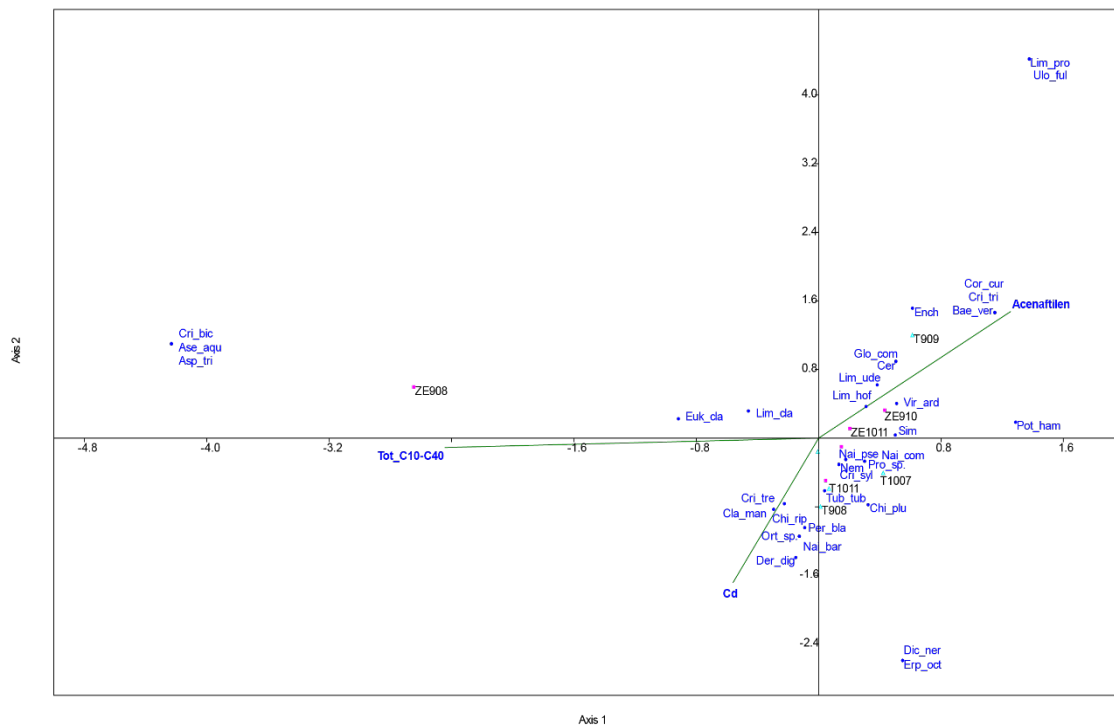
*pagana*, dok je sa njima u negativnoj korelaciji zajednica Dunava na lokalitetu Stari Banovci, gde se izdvajaju vrste *Dreissena polymorpha*, *D. bugensis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Bithynia tentaculata*, *Viviparus viviparus*, *Corophium curvispinum*, *Jaera istri*, Gammaridae, *Nais pseudobtusa* i *Polypedilum albimanus*. Najveći negativan skor sa drugom CCA osom ima koncentracija žive, sa kojom su pozitivno korelisane *Anodonta cygnea*, *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus udekemianus*, *Polypedilum nubeculosum*.

Rezultati CCA analize kojom je analiziran uticaj hemijskog sastava sedimenta na bentosne zajednice zabeležene u tipu 2 vodotoka (Kolubara), na području Beograda, dati su na Slici 19. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,52 i 0,46) objašnjavaju 61,81% varijabilnosti između vrsta i sedimenta. Najveći pozitivan skor na prvoj CCA osi ima koncentracija Cd, sa kojom je visoko korelisana koncentracija Cu u sedimentu. Ove promenljive su u pozitivnoj korelaciji sa vrstama *Limnodrilus udekemianus*, *L. profundicola*, Nematoda, *Chironomus riparius* i *Polypedilum scalaenum*, koje izdvajaju zajednicu Kolubare na lokalitetu Obrenovac od zajednice na lokalitetu Čelije, koja je pozitivno korelisana sa koncentracijom Ni i naftalena u sedimentu. Pozitivnu korelaciju sa koncentracijom naftalena pokazuju vrste *Lithoglyphus naticoides*, *Dugesia lugubris*, *Tubifex tubifex*, dok su vrste *Dero dorsalis*, *Nais pseudobtusa*, *Stylaria lacustris*, *Enchytraeus* sp., *Planaria torva*, *Corophium curvispinum*, *Unio tumidus*, *U. pictorum*, *Hydropsyche instabilis*, *H. pellucidula*, *Baetis fuscatus*, *B. vernus*, *Serratella ignita*, *Cladotanytarsus mancus*, *Cricotopus* sp., *Tipula lateralis*, *Atarix ibis* u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom naftalena i Ni.



Slika 19. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica, zabeleženih u Kolubari (tip 2 vodotoka) na području Beograda, i hemijskog sastava sedimenta (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Kolubara Obrenovac, roze Kolubara Čelije).

Rezultati CCA analize kojom je analiziran uticaj hemijskog sastava sedimenta na bentosne zajednice zabeležene u tipu 3 vodotoka (Topčiderska i Železnička reka), na području Beograda, dati su na Slici 20. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,51 i 0,21) objašnjavaju 99,75% varijabilnosti između vrsta i sedimenta. Najveći pozitivan skor na prvoj CCA osi ima koncentracija acetnaftilena u sedimentu, a sa njom su u pozitivnoj korelaciji vrste *Corophium curvispinum*, *Baetis vernus*, *Cricotopus triannulatus*, *Enchytraeus* sp., dok se po drugoj CCA osi izdvajaju *Cricotopus tremulus*, *Cladotanytarsus mancus*, *Chironomus riparius*, *Orthocladus* sp., *Nais barbata*, *Dero digitata* i *Pericoma blandula* koje su pozitivno korelisane sa koncentracijom Cd u sedimentu. Koncentracija mineralnih ulja u sedimentu ima najveći negativni skor na prvoj CCA osi i sa njom su pozitivno korelisane vrste *Cricotopus bicinctus*, *Apsectrotanytus trifascipennis* i *Aselus aqaticus*.



Slika 20. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica, zabeleženih u Topčiderskoj i Železničkoj reci (tip 3 vodotoka) na području Beograda, i hemijskog sastava sedimenta (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Topčiderska reka, roze Železnička reka).

## 4.4. Faunistički sastav istraživanih tokova u periodu 1996-2000. godina

Tokom istraživanja tri tipa vodotoka na području Beograda (Dunav, Sava, Kolubara, Topčiderska i Železnička reka) u periodu 1996-2000. godina, zabeleženo je prisustvo 60 taksona iz 34 porodica, 8 klasa i 5 razdela. Kvalitativan sastav zajednica akvatičnih beskičmenjaka istraživanih tokova na području Beograda u periodu 1996-2000. godina dat je u tabeli 13. Polychaeta i Turbellaria su bile zastupljene samo sa jednom vrstom, Hirudinea sa 4 vrste, dok je klasa Oligochaeta imala najveći diverzitet sa 18 taksona iz 3 porodice. U okviru klase Gastropoda zabeleženo je 10 taksona, a u okviru Bivalvia 8. Crustacea su bile zastupljene sa tri taksona, dok je u okviru klase Insecta bilo 13 taksona, odnosno najmanje 13 taksona s obzirom da u okviru porodica Simuliidae, Ceratopogonidae i Chironomidae u ovom periodu istraživanja nisu određivane niže taksonomske kategorije.

Tabela 13. Kvalitativan sastav zajednica akvatičnih beskičmenjaka istraživanih tokova na području Beograda u periodu 1996-2000. godina

Takson	Dunav	Sava	Kolubara	Topčiderska reka	Železnička reka
<b>Nematoda</b>	*	*	*	*	*
<b>Polychaeta</b>					
<i>Hypania invalida</i> Grube, 1860	*	*			
<b>Oligochaeta</b>					
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	*	*	*	*	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	*	*	*	*	*
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel, 1868	*	*	*	*	*
<i>Limnodrilus profundicola</i> Verrill, 1871			*	*	
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparede, 1862	*	*	*	*	*
<i>Isochaetides michaelsoni</i> Lastockin, 1937			*	*	
<i>Psammoryctides albicola</i> Michaelsen, 1901	*		*	*	*
<i>Nais communis</i> Piguët, 1906	*	*	*		
<i>Nais pseudobtusa</i> Piguët, 1906	*	*		*	
<i>Potamothrix hammoniensis</i> Michaelsen, 1902	*			*	
<i>Stylaria lacustris</i> Linnaeus, 1767	*	*	*		
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	*				
<i>Tubifex tubifex</i> Müller, 1774	*	*	*	*	*
<i>Aulodrilus plurisetia</i> Piguët, 1906	*	*			*
<i>Paranais frici</i> Hrabe, 1941	*	*			
<i>Vejdovskyella comata</i> Vejdovsky, 1883	*	*			
<i>Chaetogaster diaphanus</i> Gruithuisen, 1828	*		*		
<i>Ophidonais serpentina</i> Müller, 1773	*		*		
<b>Gastropoda</b>					
<i>Viviparus viviparus</i> Linnaeus, 1758	*	*			

Tabela 13. nastavak

<i>Lithoglyphus naticoides</i> Pfeiffer, 1828	*	*	*		
<i>Bythinia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		
<i>Acroloxus lacustris</i> Linnaeus, 1758	*				
<i>Theodoxus fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	*	*			
<i>Theodoxus danubialis</i> Pfeiffer, 1828	*	*			
<i>Valvata naticina</i> Menke, 1845		*		*	
<i>Valvata piscinalis</i> Müller, 1774		*			
<i>Physa acuta</i> Draparnaud, 1805			*	*	
<i>Physa fontinalis</i> Linnaeus, 1758		*			
<b>Bivalvia</b>					
<i>Sphaerium rivicola</i> Lamarck, 1818	*				
<i>Sphaerium corneum</i> Linnaeus, 1758	*				
Sphaeridae		*		*	
<i>Pisidium</i> sp.	*				
<i>Pseudoanodonta complanata</i> Rossmassler, 1835		*			
<i>Unio crassus</i> Retzius, 1788		*			
<i>Unio</i> sp.	*	*			
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	*	*			
<i>Corbicula fluminea</i> Müller, 1774		*			
<b>Turbellaria</b>		*			
<i>Dugesia lugubris</i> Schmidt, 1861			*		
<b>Hirudinea</b>		*			*
<i>Glossiphonia complanata</i> Linnaeus, 1758	*			*	
<i>Glossiphonia heteroclita</i> Linnaeus, 1761	*				
<i>Erpobdella octoculata</i> Linnaeus, 1758	*				
<i>Helobdella stagnalis</i> Linnaeus, 1758				*	
<b>Amphipoda</b>					
Gammaridae gen. spp. div.	*	*	*		
<i>Corophium curvispinum</i> Sars, 1895	*	*			
<b>Isopoda</b>					
<i>Asellus aquaticus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	*
<b>Trichoptera</b>	*	*			
<i>Hydropsyche</i> sp.			*		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834	*	*	*	*	
<b>Odonata</b>	*	*			
<i>Gomphus</i> sp.	*	*			
<i>Gomphus vulgatissimus</i> Linnaeus, 1758		*	*		
<i>Pyrrhosoma nymphula</i> Sulzer, 1776		*	*		
<b>Ephemeroptera</b>					
<i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758	*		*		
<i>Ephemerella ignita</i> Poda, 1761			*		
<i>Ephemera vulgata</i> Linnaeus, 1758			*		
Baetidae			*		
<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)			*		
<b>Diptera larva</b>	*	*		*	*
Simuliidae			*		
Ceratopogonidae			*	*	*
Chironomidae	*	*	*	*	*

#### 4.4.1. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Dunav u periodu 1996-2000. godina

U Dunavu je u periodu 1996-2000. godina, zabeleženo ukupno 40 taksona, pri čemu je najveći broj taksona zabeležen na lokalitetu Stari Banovci 2000. godine (24), a najmanji (8 taksona) na lokalitetu Vinča 1996. godine. Gustina zajednice kretala se od 437.871 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci do 3.751.455 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Najveći udeo u zajednici akvatičnih beskičmenjaka Dunava imale su Oligochaeta (97,45%), koje su bile prisutne u svim uzorcima. Najmanja prosečna zastupljenost oligoheta u bentocenozi Dunava zabeležena je u Starim Banovcima (77,59%), dok je najveća (98,48%) zabeležena u Vinči. Gustina zajednice oligoheta kretala se od 385.167 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci do 3.708.997 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Učešće Crustacea u zajednici dna reke Dunav iznosi 0,20%, a zabeležene su u 50% uzoraka. Najveću prosečnu zastupljenost Crustacea su imale u zajednici na lokalitetu Stari Banovci (2,16%), a najmanju na lokalitetu Višnjica (0,01%). Diptera su bile zastupljene sa svega 0,29%, i bile su predstavljene samo porodicom Chironomidae čija je učestalost pojavljivanja u Dunavu iznosila  $F = 0,66$ . Prosečna zastupljenost diptera kretala se od 0,13% na lokalitetu Vinča do 2,84% na lokalitetu Višnjica. Gustina zajednice diptera iznosila je 1.642 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Vinča, što je i najmanja zabeležena brojnost diptera na istraživanom delu Dunava, odnosno 9.427 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Udeo Mollusca u zajednici dna reke Dunav iznosio je svega 1%, međutim, bez obzira na malu procentualnu zastupljenost, zabeleženo je 11 taksona (6 Gastropoda i 5 Bivalvia, sa učestalošću pojavljivanja u bentocenozi Dunava  $F = 0,8$  i  $F = 0,53$ ). Mollusca su u Dunavu bile najmanje zastupljene na lokalitetu Višnjica, sa 0,48%. Najveću prosečnu zastupljenost imale su na lokalitetu Stari Banovci (13,52%, od toga 11,90% Gastropoda i 1,62% Bivalvia). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 1630 ind/m<sup>2</sup> (Višnjica) do 42.155 ind/m<sup>2</sup> (Stari Banovci). Bivalvia su bile najmanje brojne na lokalitetu Višnjica (308 ind/m<sup>2</sup>), a najveću gustinu zajednice imale su na lokalitetu Stari Banovci (6.499 ind/m<sup>2</sup>). Nematoda, Polychaeta, Hirudinea i Trichoptera imale su procentualnu zastupljenost u zajednici manju od 1%.



Oligochaeta su u Dunavu u beogradskom regionu bile zastupljene sa 17 vrsta. Dominantna vrsta bila je *Limnodrilus hoffmeisteri* na lokalitetima Stari Banovci (36,73%) i Višnjica (50,68%), dok je na lokalitetu Vinča dominantna bila vrsta *Tubifex tubifex* sa 36,54% udela u zajednici. Ove dve vrste su ujedno imale i najveću učestalost pojavljivanja u zajednici ( $F = 1$ ). Među puževima najzastupljenija vrsta bila je *Lithoglyphus naticoides* sa 8,27% udela u zajednici na lokalitetu Stari Banovci, dok je među školjkama *Sphaerium rivicola* bila najzastupljenija sa 0,93% učešća u fauni dna na lokalitetu Stari Banovci. Brojnost vrste *Lithoglyphus naticoides* kretala se od svega 176 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica do 39.183 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci, a *Sphaerium rivicola* je imala brojnost od 176 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica do 4.418 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Stari Banovci.

Većina zabeleženih vrsta (91,20%) prilagođena je supstratu koji je tipičan za velike reke i muljevito-peskovit tip podloge (mulj 56,77%, pesak 33,91% i glina 0,52%). Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 1,65%. Litofilnih vrsta bilo je 2,90%, dok je fitofilnih bilo 2,96% vrsta u odnosu na celu zajednicu. Za 1,28% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

Pema klasifikaciji koju daju Moog (2002) i AQEM (2002) u odnosu na zonaciju rečnog toka najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (65,54%). Manja je zastupljenost vrsta karakterističnih za ritral (33,38%), dok za 1,08% nema autekoloških podataka.

U zajednici makrobescičmenjaka Dunava bilo je 61,69% reolimnofila i 34,91% limnoreofila. Na veoma usporen tok prilagođeno je 0,19% vrsta (limnofili), dok 0,49% preferira umerene do brze rečne tokove (reofili). Brzina rečnog toka ne utiče na 1,98% vrsta, a 0,74% nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka jer ne postoje odgovarajući podaci. U bentosnoj zajednici Dunava dominiraju vrste koje su po tipu ishrane kolektori (97,88%), aktivni filtratori su zastupljeni sa 0,32%, zabeleženo je i 0,85% strugača. Predatori su zastupljeni sa 0,39%, paraziti sa 0,19%, sekači sa 0,16% i bušači sa 0,023%, dok za 0,16% taksona nema podataka.

Ukoliko se posmatra način kretanja, uočava se da je 76,63% vrsta u zajednici sesilno, 6,55% se ukopava i buši podlogu, 15,23% se kreće gibanjem, 0,74% pliva, a za 0,74% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Dunava, analizirane su i na osnovu Margalefovog indeksa čije su se vrednosti kretale od 0,65 do 2,09, Shannonovog indeksa (0,84 - 1,99), Simpsonov indeksa (0,38 - 0,81), kao i na osnovu indeksa ujednačenosti (0,33 - 0,79).

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Dunava na području Beograda, izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu, kretale su se od 2,69 deo toka na ulazu u beogradski region, odnosno u Starim Banovcima, do 3,48 u Vinči (Tabela 14). Dobijene vrednosti ukazuju na to da kvalitet vode Dunava u ovom delu toka varira u širokom opsegu (od II do V klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka).

Tabela 14. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu (1961) na istraživanim lokalitetima u periodu 1996-2000. godina i klase ekološkog statusa kojima pripadaju (Službeni glasnik RS 74/2011).

Tip vodotoka	Lokalitet/godina	1996		1997		1998		1999		2000	
Tip 1	Dunav – S. Banovci	3,14	IV	3,33	V	3,09	IV	3,05	IV	2,69	III
	Dunav - Višnjica	3,24	V	3,40	V	3,46	V	3,34	V	3,41	V
	Dunav - Vinča	3,47	V	3,39	V	3,31	V	3,49	V	3,35	V
Tip 1	Sava - Zabran	2,21	IV	3,37	IV	3,43	V	2,72	III	3,24	V
	Sava - Duboko	2,20	IV	2,79	IV	2,70	III	2,75	III	2,96	IV
	Sava - Makiš	2,26	V	3,01	IV	3,37	V	3,19	IV	3,36	IV
Tip 2	Kolubara - Obrenovac			3,45	V	2,37	II	3,23	V	3,20	IV
	Kolubara - Čelije							2,76	III	2,20	II
Tip 3	Topčiderska reka			3,13	V	3,56	V	3,37	V	3,56	V
Tip 3	Železnička reka					3,46	V			3,13	V

#### 4.4.2. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka reke Save u periodu 1996-2000. godina

U Savi je u periodu 1996-2000. godina, zabeleženo ukupno 35 taksona, pri čemu je najveći broj taksona (14) zabeležen na lokalitetima Zabran 1999. i 2000. godine i Duboko 1996. godine, a najmanji 7 taksona na lokalitetima Zabran 1996. godine i Duboko 1998. godine. Gustina zajednice kretala se od 194.561 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran do 474.548 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Makiš. Najveći udeo u zajednici akvatičnih beskičmenjaka Save imale su Gastropoda sa 49,91% udela u zajednici, dok su Oligochaeta sa 47,83% bile subdominantna grupa. Gastropoda su bile prisutne u 87%, a Oligochaeta u 97% uzoraka uzetih u periodu 1996-2000. godina. Najmanja prosečna zastupljenost oligoheta u bentocenozi Save zabeležena je na lokalitetu Duboko (45,37%), dok je najveća (70,19%) zabeležena na lokalitetu Zabran. Gustina zajednice oligoheta kretala se od 94.065 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran, do 275.568 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Višnjica. Učešće Crustacea u zajednici dna reke Save iznosi 0,16%, a zabeležene su u 27% uzoraka. Diptera su bile zastupljene sa svega 0,97%, a bile su predstavljene samo porodicom Chironomidae čija je učestalost pojavljivanja u Savi iznosila  $F = 0,66$ . Prosečna zastupljenost diptera kretala se od 0,58% na lokalitetu Duboko do 6,24% na lokalitetu Zabran. Gustina zajednice diptera iznosila je 2.259 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko, što je i najmanja zabeležena brojnost diptera na istraživanom delu Save, odnosno 5.109 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran. Udeo Mollusca u zajednici dna Save iznosio je 50,72%, a zabeleženo je 12 taksona (7 Gastropoda i 5 Bivalvia). Mollusca su u Savi bile najmanje zastupljene na lokalitetu Zabran sa 21,97%. Najveću prosečnu zastupljenost imale su na lokalitetu Duboko (53,93%, od toga 53,77% Gastropoda i 0,15% Bivalvia). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 92.416 ind/m<sup>2</sup> (Zabran) do 226.143 ind/m<sup>2</sup> (Duboko). Bivalvia su bile najmanje brojne na lokalitetu Duboko (309 ind/m<sup>2</sup>), a najveću gustinu zajednice imale su na lokalitetu Makiš (7.141 ind/m<sup>2</sup>). Nematoda su bile zasustuoљjene sa 0,21% u zajednici Save, dok su Polychaeta, Hirudinea, Turbellaria, Odonata i Trichoptera imale procentualnu zastupljenost u zajednici manju od po 0,1%.

Oligochaeta su u Savi u beogradskom regionu bile zastupljene sa 11 vrsta. Među oligohetama dominantna vrsta na lokalitetu Zabran bila je *Limnodrilus hoffmeisteri* (11,35%), dok je *Tubifex tubifex* bila dominantna na lokalitetima Duboko (22,45%) i Makiš (28,31%). *T. tubifex* je ujedno imala i veliku učestalost pojavljivanja u zajednici ( $F = 0,96$ ). Među puževima najzastupljenija vrsta bila je *Lithoglyphus naticoides* (38,89% na lokalitetu Makiš, gde je bila najmanje zastupljena, do 65,79% udela u zajednici na lokalitetu Duboko). Brojnost vrste *Lithoglyphus naticoides* kretala se od svega 92.152 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran do 224.558 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko.

Većina zabeleženih vrsta (88,94%) prilagođena je supstratu koji je tipičan za velike reke i muljevito-peskovit tip podloge (mulj 43,68%, pesak 30,30% i glina 14,95%). Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 0,98%. Litofilnih vrsta bilo je 1,74%, fitofilnih 1,58% vrsta, dok za 0,96% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji nekog tipa mikrostaništa.

Pema klasifikaciji koju daju Moog (2002) i AQEM (2002) u odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (80,40%). Manja je zastupljenost vrsta karakterističnih za ritral (18,63%), dok za 0,97% nema autekoloških podataka.

U zajednici makrobeskičmenjaka Save bilo je 67,79% reolimnofila i 27,80% limnoreofila. Na veoma usporen tok prilagođeno je 0,16% vrsta (limnofili), dok 1,94% preferira umerene do brze rečne tokove (reofili). Brzina rečnog toka ne utiče na 1,33% vrsta, a 0,96% nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka jer ne postoje odgovarajući podaci.

U bentosnoj zajednici Save dominiraju vrste koje su po tipu ishrane kolektori (88%), 10,27% su strugači, dok su aktivni filtratori zastupljeni sa 1,10%. Predatori su zastupljeni sa 0,19%, paraziti sa 0,14%, sekači sa 0,16%, dok za 0,25% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja uočava se da je 33,83% vrsta u zajednici sesilno, 60,59% se kreće gibanjem, 3,93% se ukopava i buši podlogu, 0,30% pliva, a za 0,96% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Save analizirane su i na osnovu Margalefovog indeksakoji je varirao od 0,52 do 1,48, Shannonovog indeksa (0,08 – 1,65), Simpsonov indeksa (0,02 - 0,77), kao i na osnovu indeksa ujednačenosti (0,04 - 0,75).

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Dunava na području Beograda izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu kretale su se od 2,20 (Duboko) do 3,43 (Zabran) (Tabela 14). Dobijene vrednosti ukazuju na to da kvalitet vode Save u ovom delu toka varira u širokom opsegu (od II do V klase ekološkog statusa za tip 1 vodotoka).

#### 4.4.3. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Kolubare u periodu 1996-2000. godina

U Kolubari je u periodu 1996-2000. godina zabeležen 31 takson, pri čemu je najveći broj (17) zabeležen na lokalitetu Čelije, a najmanji (5) na lokalitetu Obrenovac. Gustina zajednice kretala se od 15.356 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije, do 103.002 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Obrenovac.

Oligochaeta su činile 70,42% zajednice i bile su prisutne u svim uzorcima. Prosečna procentualna zastupljenost Oligochaeta iznosila je 15,38% na lokalitetu Čelije i 72,33% na lokalitetu Obrenovac. Gustina zajednice oligoheta kretala se od 3.168 ind/m<sup>2</sup> (Čelije) do 80.058 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac). Diptera su bile zastupljene sa 12,11%, imale su veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Kolubare ( $F = 0,83$ ). Prosečna zastupljenost Diptera iznosila je 11,14% na lokalitetu Čelije i 11,57% na lokalitetu Obrenovac. Gustina zajednice Diptera kretala se od 3.168 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije do 11.149 ind/m<sup>2</sup> kod Obrenovca. Procentualni udeo Trichoptera u zajednici iznosio je svega 1,36%, Ephemeroptera 1%, a Odonata 0,26%. Udeo Mollusca (zabeležene su samo Gastropoda) u zajednici dna Kolubare iznosio je 9,86%. Najmanju prosečnu zastupljenost imale su na lokalitetu Obrenovac (15,22%), a najveću na lokalitetu Čelije (25%). Gustina zajednice Gastropoda kretala se od 660 ind/m<sup>2</sup> (Čelije) do 11.176 ind/m<sup>2</sup> (Obrenovac). Crustacea su bile zastupljene sa 4,73% u zajednici Kolubare, i njihova brojnost je bila najmanja na lokalitetu Obrenovac, svega 44 ind/m<sup>2</sup>, i 5.544 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije. Zastupljenost Nematoda i Turbellaria bila je manja od 0,2% za svaku grupu. Dominantna vrsta u zajednici na lokalitetu Obrenovac bila je *Limnodrilus claparedeanus* sa 52,90% udela, dok je njena brojnost iznosila 54.492

ind/m<sup>2</sup>. Na lokalitetu Čelije dominantne su bile Gamaridae spp. sa 38,82% i 5500 ind/m<sup>2</sup>. *Lithoglyphus naticoides* je bila dominantna vrsta među puževima na lokalitetu Obrenovac (10,76%), a brojnost se kretala od 220 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije do 11.088 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Obrenovac.

Većina zabeleženih vrsta (79,38%) prilagođena je muljevito-peskovitom tipu podloge (mulj 46,90%, pesak 29,51% i glina 2,96%). Fitofilnih vrsta bilo je 5%. Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 0,19%. Litofilnih vrsta bilo je 6,58%, dok za 5,25% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

Pema klasifikaciji koju daju Moog (2002) i AQEM klasifikaciji (2002) u odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta karakterističnih za potamal – 67,91%, dok ritral preferira 25,57% vrsta zabeleženih u Kolubari. Za 6,52% nema podataka.

U zajednici makrobeskičmenjaka Kolubare dominantno su zastupljeni reolimnofili (70,17%), dok su subdominantni tipični reofili (2,57%). Na veoma usporen tok prilagođeno je 1,26% vrsta, dok je 13,39% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 6,51% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U bentosnoj zajednici Kolubare dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači (81,73%), a zabeleženo je 5,35% strugača, aktivni filtratori su bili zastupljeni sa 2,56%, predatori sa 2,23% i paraziti sa 1,21%. Zabeleženo je i 1,17% bušača, 0,62% pasivnih filtratora i 0,06% sekača. Za 5% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja, uočava se da je 51,43% vrsta u zajednici sesilno, 24,87% se kreće gibanjem, 11,36% se ukopava, 2,21% pliva i za 10,14% nema podataka o načinu kretanja.

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Kolubare, analizirane su i na osnovu Margalefovog, Shannonovog i Simpsonovog indeksa, kao i na osnovu ravnomernosti, odnosno indeksa ujednačenosti vrsta. Vrednosti Shannonovog indeksa iznosile su 1,94 (Čelije) i 1,32 (Obrenovac), Margalefovog indeksa 1,34 (Čelije) i 0,86 (Obrenovac), Simpsonovog indeksa 0,81 (Čelije) i 0,63 (Obrenovac), dok su vrednosti indeksa ujednačenosti vrsta iznosile 0,81 (Čelije) i 0,64 (Obrenovac).

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Kolubare na području Beograda izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih

beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti po Zelinka-Marvanu kretale su se od 2,20 do 3,56 (Tabela 14). Dobljene vrednosti ukazuju na to da kvalitet vode Kolubare u ovom delu toka varira u širokom opsegu (od II do V klase ekološkog statusa za tip 2 vodotoka).

#### 4.4.4. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Topčiderske reke u periodu 1996-2000. godina

U Topčiderskoj reci je u periodu 1996–2000. godina zabeleženo 22 taksona. Oligochaeta su činile 63,91% zajednice i bile su prisutne u svim uzorcima. Dominantna vrsta bila je *Limnodrilus claparedeanus* (32,64%), a subdominantna *L. hoffmeisteri* (9,40%). Zabeleženo je prisustvo Nematoda koje su bile zastupljene sa 1,67%, a učestalost pojavljivanja iznosila je  $F = 1$ . Pijavice su bile predstavljene vrstama *Glossiphonia complanata* i *Helobdella stagnalis* i prosečnim procentualnim udelom u zajednici od svega 0,25%. Učestalost javljanja pijavica bila je takođe mala,  $F = 0,25$ .

Diptera su bile zastupljene sa 32,72% i imale su i veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Topčiderske reke ( $F = 0,75$ ). Diptera su u zajednici Topčiderke reke predstavljene porodicama Ceratopogonidae i Chironomidae. Mollusca su bile zastupljene sa 1,28% i predstavljene sa tri taksona (*Physella acuta*, *Valvata naticina* i *Sphaerium* sp.) čija je učestalost pojavljivanja takođe bila mala ( $F = 0,25$ ).

Većina zabeleženih vrsta (76,42%) prilagođeno je muljevito-peskovitom tipu podloge (mulj 52,98%, pesak 22,78% i glina 0,65%). Fitofilnih vrsta bilo je 7,43%. Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su takođe i to sa 1,41%. Litofilnih vrsta bilo je 3,85%, dok za 10,13% vrsta nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

U zajednici makrobeskičmenjaka Topčiderske reke dominantno su zastupljeni reolimnofili (42,23%), dok su limnoreofili subdominantni (19,18%). Tipični reofili su zastupljeni sa 2%, dok je 33,7% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 2,89% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U zajednici Topčiderske reke dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači (73,67%), zatim slede vrste koje se hrane struganjem (6,8%), aktivni filtratori sa 6,92%,

predatori sa 3,97%, paraziti sa 3,45%, a zabeleženo je 0,46% vrsta koje se hrane kidanjem (sekači). Za 1,53% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja uočava se da je 51,49% vrsta u zajednici sesilno, 13,95% se ukopava, 15,10% se kreće gibanjem, 4% pliva i za 15,46% nema podataka o načinu kretanja.

#### 4.4.5. Sastav i struktura zajednice akvatičnih beskičmenjaka Železničke reke u periodu 1996-2000. godina

U Železničkoj reci je u periodu 1996-2000. godina, zabeleženo 12 taksona. Oligochaeta su činile 90,31% zajednice i bile su prisutne u svim uzorcima. Dominantna vrsta bila je *Limnodrilus hoffmeisteri* (61,84%), dok je *L. claparedeanus* bila zastupljena sa 15,41%. Zabeleženo je prisustvo Nematoda koje su bile zastupljene sa 1,79%, ali samo u 25% analiziranih uzoraka sa Železničke reke. Pijavice su bile predstavljene jednom vrstom, *Glossiphonia complanata*, sa prosečnim procentualnim udelom u zajednici od svega 0,19%. U okviru Gastropoda zabeležena je samo vrsta *Valvata naticina* koja je imala mali udeo u zajednici, svega 0,1%. Diptera su bile zastupljene u Železničkoj reci sa 7,15% i imale su veliku učestalost pojavljivanja u bentocenozi Železničke reke ( $F = 1$ ). Diptera su u zajednici Železničke reke predstavljene porodicama Ceratopogonidae i Chironomidae.

Većina zabeleženih vrsta Železničke reke (92,79%) prilagođeno je muljevito-peskovitom tipu podloge, a 1,61% je fitofilnih. Vrste koje preferiraju podlogu na kojoj ima organskih čestica i detritusa zastupljene su sa 0,20%, a litofilne vrste sa 1,65%. Za 3,72% nema dovoljno informacija o preferenciji određenog tipa mikrostaništa.

U zajednici makrobekičmenjaka Železničke reke dominantno su zastupljeni reolimnofili (77,33%). Limnoreofili su bili zastupljeni sa 11,48%. Na veoma usporen tok prilagođeno je 1,22% vrsta, reofila bilo je 0,28%, dok je 9% vrsta neosetljivo na brzinu rečnog toka. Zbog nepostojanja odgovarajućih podataka, 2,45% vrsta nije bilo moguće klasifikovati u odnosu na brzinu toka.

U zajednici Železničke reke dominiraju vrste koje su po tipu ishrane sakupljači (93%), zatim slede vrste koje se hrane struganjem (1,45%), predatori su zastupljeni sa 1,46%, aktivni filtratori sa 1,28%, paraziti sa 1%, a zabeleženo je 0,53% vrsta koje se



hrane kidanjem, onih koje buše 0,64%. Za 0,64% taksona nema podataka o načinu ishrane.

Ukoliko se posmatra način kretanja uočava se da je 82,60% vrsta u zajednici sesilno, 7,61% se kreće gibanjem 4% pliva, dok se 4,48% se ukopava, a za 0,66% zabeleženih taksona nema podataka o načinu kretanja.

#### 4.4.5.1. Diverzitet zajednica i saprobiološka analiza Topčiderske i Železničke reke u periodu 1996-2000. godina

Zajednice akvatičnih beskičmenjaka u istraživanom delu Topčiderske i Železničke reke analizirane su i na osnovu Margalefovog, Shannonovog i Simpsonovog indeksa, kao i na osnovu indeksa ujednačenosti vrsta. Vrednosti Shannonovog indeksa iznosile su 1,83 (Topčiderska reka) i 1,25 (Železnička reka), Margalefovog indeksa 2,44 (Topčiderska reka) i 1,58 (Železnička reka), Simpsonovog indeksa 0,77 (Topčiderska reka) i 0,58 (Železnička reka), dok su vrednosti indeksa ujednačenosti vrsta iznosile 0,60 (Topčiderska reka) i 0,50 (Železnička reka).

U cilju sagledavanja stanja kvaliteta vode Topčiderske i Železničke reke izvršena je saprobiološka analiza na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih beskičmenjaka. Vrednosti indeksa saprobnosti Topčiderske reke po Zelinka-Marvanu, kretale su se od 3,13 do 3,56, a Železničke reke od 3,13 do 3,46 (Tabela 14). Dobijene vrednosti ukazuju na to da su Topčiderska reka i Železnička reka u granicama IV, odnosno V klase ekološkog statusa za tip 3 vodotoka.

Ukoliko uporedimo zajednice akvatičnih beskičmenjaka zabeležene u toku istraživanja u periodu 2007-2011. godina sa zajednicama zabeleženim u periodu 1996-2000. godina (Kruskal-Wallis test,  $p < 0,05$ ) uočava se sličnost u sastavu zajednica, koja je najveća između zajednica zabeleženih u Dunavu, Kolubari kao i Železničkoj reci (Tabela 15).

Tabela 15. Rezultati neparametarske analize sličnosti u sastavu zajednica akvatičnih beskičmenjaka tri tipa istraživanih vodotoka na području Beograda u dva perioda istraživanja: 1 - 1996-2000. i 2 - 2007-2011. godina (Kruskal-Wallis test,  $p < 0,05$ ).

Kruskal-Wallis test, $p < 0,05$										
	Dunav 1	Sava 1	Kolubara 1	Topčiderska reka 1	Železnička reka 1	Dunav 2	Sava 2	Kolubara 2	Topčiderska reka 2	Železnička reka 2
Dunav 1	0	0,8204	0,3823	0,9695	0,3732	0,5317	0,2327	0,04508	0,08322	0,9544
Sava 1	1	0	0,4474	0,9086	0,333	0,6089	0,2974	0,0755	0,07639	0,9544
Kolubara 1	1	1	0	0,5356	0,2298	0,7173	0,9848	0,4251	0,07629	0,5255
Topčiderska reka 1	1	1	1	0	0,6005	0,6581	0,4531	0,1122	0,2445	0,9844
Železnička reka 1	1	1	1	1	0	0,3011	0,1783	0,04017	0,5156	0,5374
Dunav 2	1	1	1	1	1	0	0,5062	0,0993	0,08341	0,7448
Sava 2	1	1	1	1	1	1	0	0,3733	0,04888	0,3683
Kolubara 2	1	1	1	1	1	1	1	0	0,01632	0,1012
Topčiderska reka 2	1	1	1	1	1	1	1	0,7346	0	0,1979
Železnička reka 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

#### 4.5. Sastav i struktura zajednice Chironomidae istraživanih tokova u periodu 2007-2011. godina

Tokom istraživanja konstatovano je 34 taksona u okviru 22 roda i 4 potporodice. Najraznovrsnija je bila potporodica Chironominae, sa 23 taksona, i potporodica Orthocladiinae, sa ukupno 7 taksona. Nakon toga sledi potporodica Tanyptodinae sa 3 i Prodiamesinae sa samo jednim taksonom. Rod sa najvećim brojem vrsta tokom istraživanja bio je *Polypedilum* (5 vrsta), zatim *Cricotopus* sa 4, *Dicrotendipes* sa 3, dok su *Chironomus*, *Einfeldia* i *Eukiefferiella* bili zastupljeni sa po dva taksona. Ostali rodovi (16) bili su zastupljeni samo sa po jednom vrstom. Osnovne autekološke karakteristike zabeleženih taksona date su u tabeli 16.

Tabela 16. Autekološke karakteristike zabeleženih taksona iz porodice Chironomidae u tri tipa tekućih voda na području Beograda u periodu 2007-2011. godina.

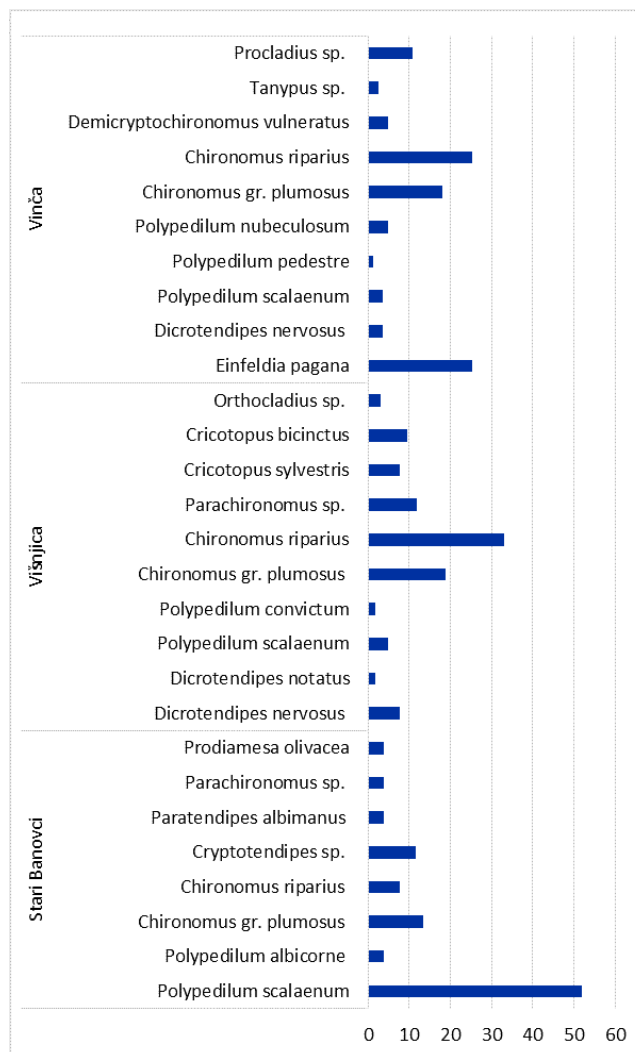
Takson	S	T	Hb	Dominantan tip ishrane	Tip staništa	Tip mikrostaništa
<i>Einfeldia carbonaria</i>	/	9	+	ga	pot	pel
<i>Einfeldia pagana</i>	2,20	9	+	ga	pot, rit	pel
<i>Dicrotendipes pulsus</i>	/	/	+	gr, ga	/	pel, ar, ps
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	2,70	8	+	ga	pot, rit	pel, ps, lit
<i>Dicrotendipes notatus</i>	2,40	/	+	gr, ga	pot, rit	pel
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	2,10	5	+	af	pot	pel
<i>Harnischia</i> sp.	/	8	/	ga, pr	/	pel, ps, lit
<i>Polypedilum scalaenum</i>	2,30	6	+	ga	pot, rit	pel
<i>Polypedilum albicorne</i>	0,80	6	+	ga	cre, rit	pel
<i>Polypedilum convictum</i>	1,90	6	+	ga	rit, pot	pel
<i>Polypedilum pedestre</i>	2,70	6	+	ga	pot, rit	pel
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	2,30	6	+	ga	pot, rit	pel, ps
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	3,60	10	+	ga	pot	pel
<i>Chironomus riparius</i>	3,50	10	+	ga	pot, rit	pel
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	2,30	8	-	ga	pot	pel
<i>Cryptochironomus</i> sp.	/	8	+	pr	pot	pel, ar, ps
<i>Cryptotendipes</i> sp.	/	6	/	ga	/	pel, ar, ps
<i>Paratendipes albimanus</i>	2,30	6	/	ga	pot, rit	/
<i>Parachironomus</i> sp.	/	10	-	pr	/	ph, lit
<i>Glyptotendipes</i> sp.	/	10	+	mi,af	/	ph, pel, ps
<i>Virgatanytarsus arduennensis</i>	2,00	/	/	ga	pot, rit	/
<i>Cladopelma lateralis</i>	/	9	+	ga	/	/
<i>Micropsectra</i> sp.	/	7	+	af	/	ps, lit
<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i>	/	/	/	pr	rit, pot	pel, ar, ps
<i>Tanypus</i> sp.	/	10	-	pr	pot	pel, ps, ph
<i>Procladius</i> sp.	/	9	-	pr	/	pel, ps
<i>Cricotopus tremulus</i>	2,10	7	-	sh	rit, pot	/
<i>Cricotopus triannulatus</i>	2,20	7	-	gr	pot, rit	lit
<i>Cricotopus sylvestris</i>	2,60	7	-	gr	pot	pel, ph
<i>Cricotopus bicinctus</i>	2,50	6	-	gr	pot, rit	/
<i>Orthocladius</i> sp.	/	6	-	af	/	/
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	2,30	8	-	gr	rit, pot, cre	/
<i>Eukiefferiella minor</i>	1,20	/	-	gr	rit, cre	/
<i>Prodiamesa olivacea</i>	/	8	/	ga	rit, pot	ps, pel

Legenda: pel – pelal (mulj), ar – argilal (glina), ps – psamal (pesak), lit – lital (šljunak, kamen), ph – fital (alge, mahovina, makrofite); ga – kolektori, af – filtratori, sh – sekači, gr – strugači, pr – predatori; S – saprobna valenca (Moog 2002); T – tolerantnost taksona (Mandeville 2002); Hb – hemoglobin (Cranston 1988, Moller Pillot 2009, Vermonden 2010); tip ishrane prema Moog 2002, Schmedtje & Colling 1996, Mandeville 2002; tip staništa prema Moog 2002, Schmedtje & Colling 1996; tip mikrostaništa prema Schmedtje & Colling 1996; / – nema podataka.

#### 4.5.1. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Dunava u periodu 2007-2011. godina

Od ukupno 63 zabeležena taksona u istraživanom delu Dunava, 20 taksona (31,75%) je iz porodice Chironomidae. Najraznovrsnija potporodica je Chironominae sa 14 taksona u okviru 8 rodova, koje su ujedno i dominantne u zajednici sa 84,54% od ukupne brojnosti zabeleženih hironomida. Subdominantne su bile Orthoclaadiinae sa 11,20% ukupnog broja jedinki, a predstavljene su sa 2 roda sa 3 taksona. Tanypodinae sa dva i Prodimesinae sa jednim taksonom imale su procentualni udeo u zajednici od 3,62%, odnosno 0,66%. Dominantna vrsta na lokalitetu Stari Banovci bila je *Polypedilum scalaenum*, sa procentualnim učešćem u zajednici hironomida od 51,92%. Ova vrsta imala je i najveću brojnost među hironomidama konstatovanim na ovom lokalitetu (999 ind/m<sup>2</sup>). Na lokalitetu Višnjica u zajednici hironomida dominirala je vrsta *Chironomus riparius* sa 33,14%, dok je na lokalitetu Vinča ova vrsta imala podjednak udeo u zajednici kao i *Einfeldia pagana* (po 25,30%). Subdominantna vrsta na sva tri istraživana lokaliteta na Dunavu bila je *Chironomus* gr. *plumosus*. Najveću brojnost *Chironomus riparius* ima na lokalitetu Višnjica (2.072 ind/m<sup>2</sup>) a najmanju na lokalitetu Stari Banovci (148 ind/m<sup>2</sup>). Na lokalitetu Vinča najveću brojnost imale su vrste *Einfeldia pagana* i *Chironomus riparius* po 777 ind/m<sup>2</sup>, dok je najmanju brojnost na ovom lokalitetu imala vrsta *Polypedilum pedestre* (37 ind/m<sup>2</sup>). Na lokalitetu Višnjica brojnost hironomida kretala se od 2.972 ind/m<sup>2</sup> *Ch. ripariuus* do 111 ind/m<sup>2</sup> (*Polypedilum scalaenum* i *P. convictum*).

Sastav zajednice hironomida i procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Dunava dat je na slici 21.



Slika 21. Sastav zajednice Chironomidae i prosečan procentualni udeo taksona na tri istraživana lokaliteta na Dunavu u periodu 2007-2011. godina.

U odnosu na saprobnost valencu, u analiziranoj zajednici hironomida 24,28% zabeleženih vrsta pripada  $\alpha$ -mezosaprobnoj grupi organizama, dok se 20,89% može okarakterisati kao  $\beta$ -mezosaprobno. Vrste hironomida koje su tolerantne na organsko zagađenje (polisaprobne) imaju zastupljenost od 17,89%. Ksenosaprobne i oligosaprobne vrste bile su zastupljene sa 4,70% vrsta u odnosu na zajednicu hironomida, dok za ostale nema podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju.

U odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo onih vrsta tipičnih za donje rečne tokove – potamal (48,88%). Manja je zastupljenost onih vrsta koje su više

prilagođene ritralu, odnosno gornjim delovima rečnog toka 19,54%, dok za 31,57% nedostaju opšti autekološki podaci.

U zajednici hironomida 32,57% vrsta nije zavisno od brzine rečnog toka, 13,16% preferira usporen rečni tok, a 3,60% vrsta je prilagođeno lentičnoj sredini. Samo 1% zabeleženih vrsta u zajednici pripada grupi reofilnih organizama. Veliki broj vrsta (49,70%) ne može se klasifikovati u odnosu na brzinu toka, s obzirom da nema odgovarajućih autekoloških podataka.

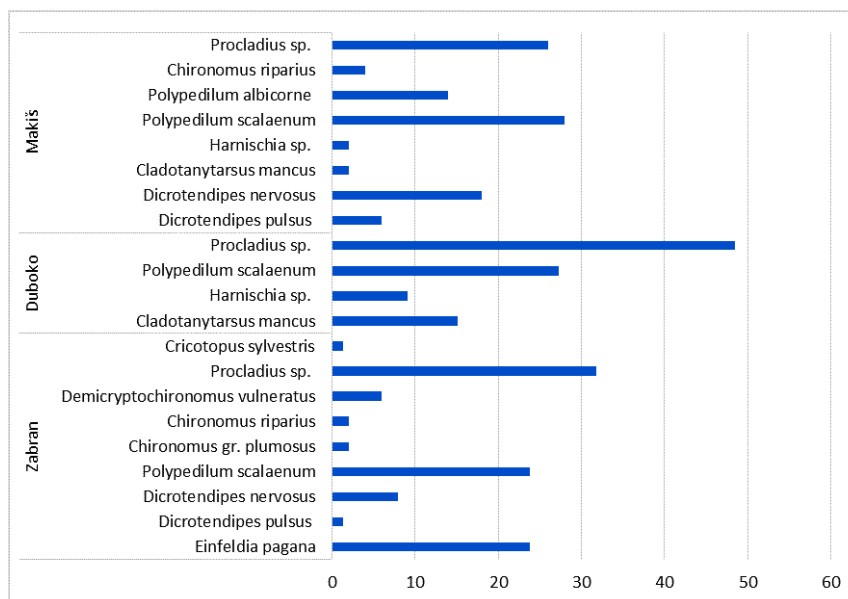
Za većinu zabeleženih vrsta hironomida u Dunavu (68%) nema podataka o tipu podloge koji naseljavaju, 28% je prilagođeno supstratu karakterističnom za velike rečne tokove (mulj 21,80%, pesak 4,70% i glina 1,50%). Šljunkovitu podlogu preferira 2% nađenih vrsta, a prisutne su i fitofilne vrste (1,25%).

Među zabeleženim vrstama hironomida dominantni su sakupljači sa 62% vrsta, aktivni filtratori (14,60%), dok su manje zastupljeni bili predatori (2,90%), sekači (1,40%) i bušači (0,40%).

#### 4.5.2. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Save u periodu 2007-2011. godina

Od ukupno 43 zabeležena taksona u istraživanom delu reke Save, 12 taksona, odnosno 27,90% je iz porodice Chironomidae. Najraznovrsnija potporodica je Chironominae sa 10 taksona u okviru 8 rodova. Chironominae su dominantne u zajednici hironomida sa procentualnim udelom 66,24%. Subdominantne su bile Tanypodinae sa 32,90% ukupnog broja jedinki, i sa samo jednim taksonom. Orthoclaadiinae su takođe bile zastupljene samo sa jednim taksonom ali su imale znatno manji udeo u zajednici (0,85%). *Procladius* sp. je bila dominantna vrsta u zajednici hironomida na lokalitetima Zabran i Duboko sa prosečnim procentualnim udelom od 31,79% i 48,48%. Brojnost ove vrste kretala se od 481 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Makiš, do 1.776 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran. Na lokalitetu Duboko subdominantna vrsta bila je *Polypedilum scalaenum*, koja je ujedno bila i dominantna vrsta na lokalitetu Makiš sa 28% udela u zajednici hironomida na ovom lokalitetu. Na lokalitetu Zabran, subdominantne vrste bile su *Einfeldia pagana* i *P. scalaenum* sa udelom u zajednici

hironomida od po 23,84%. Brojnost vrste *Polypedilum scalaenum* kretala se od 333 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Duboko, do 1.332 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Zabran, kolika je bila i brojnost vrste *E. pagana* na istom lokalitetu. Najmanju brojnost od 37 ind/m<sup>2</sup> imale su vrste *Cladotanytarsus mancus* i *Harnischia* sp. na lokalitetu Makiš. Sastav zajednice hironomida i procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Save dat je na slici 22.



Slika 22. Sastav zajednice Chironomidae i prosečan procentualni udeo taksona na tri istraživana lokaliteta na Savi u periodu 2007-2011. godina.

U odnosu na saprobnu valencu, u analiziranoj zajednici hironomida 23,76% zabeleženih vrsta pripada  $\alpha$ -mezosaprobnoj grupi organizama, dok se 27% može okarakterisati kao  $\beta$ -mezosaprobno. Vrste hironomida koje su tolerantne na organsko zagađenje (polisaprobne) imaju zastupljenost od 2,26%. Ksenosaprobne i oligosaprobne vrste bile su zastupljene sa 8,80% vrsta u odnosu na zajednicu hironomida, dok za 38% nema podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju.

U odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo onih vrsta tipičnih za potamal (44,83%). Zastupljenost vrsta koje preferiraju ritral bila je 17,14%, dok za 38,03% vrsta hironomida u zajednici nema autekoloških podataka.

U zajednici hironomida, 12,80% vrsta neosetljivo je na brzinu rečnog toka, 58,12% preferira usporen rečni tok i 2,13% vrsta je prilagođeno stajaćoj vodi. Udeo od

26,90% vrsta ne može se klasifikovati u odnosu na brzinu toka, s obzirom da nema odgovarajućih podataka.

Za 46,58% zabeleženih vrsta hironomida u Savi nema podataka o tipu podloge koju naseljavaju, a 45,90% je prilagođeno supstratu karakterističnom za velike rečne tokove (mulj – 22,65%, pesak – 20,38% i glina 2,86%). Šljunkovitu podlogu preferira 4,28% nađenih vrsta, a fitofilne vrste su bile zastupljene sa 2,14%.

Među zabeleženim vrstama hironomida dominantni su kolektori (sakupljači) sa 55,64% vrsta, zatim slede predatori (21,84%), aktivni filtratori (10,60%) i strugači (8,67%). Najmanje zastupljeni u zajednici bili su sekači (0,17%) i bušači (0,10%).

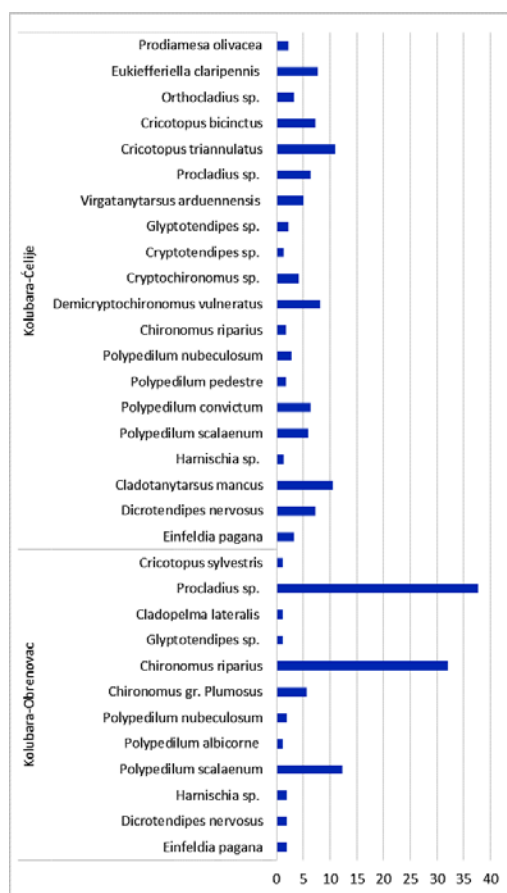
#### 4.5.3. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u istraživanom delu Kolubare u periodu 2007-2011. godina

U istraživanom delu Kolubare 24 taksona, odnosno 30,77% od ukupnog broja zabeleženih taksona, pripada porodici Chironomidae. U odnosu na ukupan broj jedinki Diptera koje su konstatovane, Chironomidae dominiraju sa 73,13%. Gustina zajednice hironomida kretala se od 5.594 ind/m<sup>2</sup> na lokallitetu Obrenovac, do 8.103 ind/m<sup>2</sup> na lokalitetu Čelije. Najraznovrsnija potporodica je Chironominae sa 17 taksona u okviru 12 rodova. Chironominae su dominantne u zajednici hironomida sa procentualnim udelom 61,70%. Subdominantne su bile Tanypodinae sa 19,70% od ukupnog broja jedinki sa samo jednim taksonom. Orthoclaadiinae su takođe bile zastupljene sa 5 taksona u okviru 3 roda, sa udelom u zajednici od 17,32%. Dominantna vrsta u zajednici hironomida na lokalitetu Obrenovac bila je *Procladius* sp. sa prosečnim procentualnim udelom od 37,65%, subdominantna vrsta bila je *Chironomus riparius* (32,10%), a zatim *Polypedilum scalaenum* (12,35%), a brojnost ovih vrsta iznosila je 2.257 ind/m<sup>2</sup>, 1924 ind/m<sup>2</sup> i 740 ind/m<sup>2</sup>. Na lokalitetu Čelije, dominantna vrsta u zajednici hironomida bila je *Cricotopus triannulatus* (10,96%), zatim slede *Cladotanytarsus mancus* (10,50%) i *Demicryptochironomus vulneratus* (8,22%). *Cricotopus triannulatus* je imala brojnost od 888 ind/m<sup>2</sup>, *Cladotanytarsus mancus* 851 ind/m<sup>2</sup>, *D. vulneratus* 666 ind/m<sup>2</sup>, dok su *Dicrotendipes nervosus* i *Cricotopus bicinctus* imale brojnost od po 529 ind/m<sup>2</sup>. Među hironomidama najmanju brojnost imale su vrste



*Polypedilum albicorne*, *Glyptotendipes* sp., *Cladopelma lateralis* i *Cricotopus sylvestris* od po 74 ind/m<sup>2</sup>, sve na lokalitetu Obrenovac. Na lokalitetu Čelije najmanje brojna bila je *Cryptotendipes* sp. sa 111 ind/m<sup>2</sup>. Sastav zajednice hironomida i procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Kolubare dat je na slici 23.

U odnosu na saprobnu valencu, u analiziranoj zajednici hironomida 23,49% zabeleženih vrsta pripada  $\alpha$ -mezosaprobnoj grupi organizama, dok se 28,66% može okarakterisati kao  $\beta$ -mezosaprobno. Vrste hironomida koje su tolerantne na organsko zagađenje (polisaprobne) imaju zastupljenost od 10,50%. Ksenosaprobne i oligosaprobne vrste bile su zastupljene sa 6,35% vrsta u odnosu na zajednicu hironomida, dok za 31% nema podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju.



Slika 23. Sastav zajednice Chironomidae i prosečan procentualni udeo taksona na dva istraživana lokaliteta Kolubare u periodu 2007-2011. godina.

U odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (48,65%). Zastupljenost onih vrsta koje su prilagođene ritralu bila je 20,47%, dok za ostale vrste nema dovoljno autekoloških podataka.

U zajednici hironomida 39,37% vrsta nije osetljivo prema brzini rečnog toka, 19,68% preferira usporen rečni tok, a 1,84% vrsta je prilagođeno stajaćoj vodi, ali opstaju i u tekućim vodama (limnorefili). Za 16,27% zabeleženih vrsta može se konstatovati da su tipične za tekuće vode, ali se mogu naći i u stajaćim (reolimnofili), a 3,67% vrsta preferira umerene do brze reke. Od ukupnog broja taksona 39,37% vrsta se ne može klasifikovati u odnosu na brzinu toka, s obzirom da nema odgovarajućih podataka.

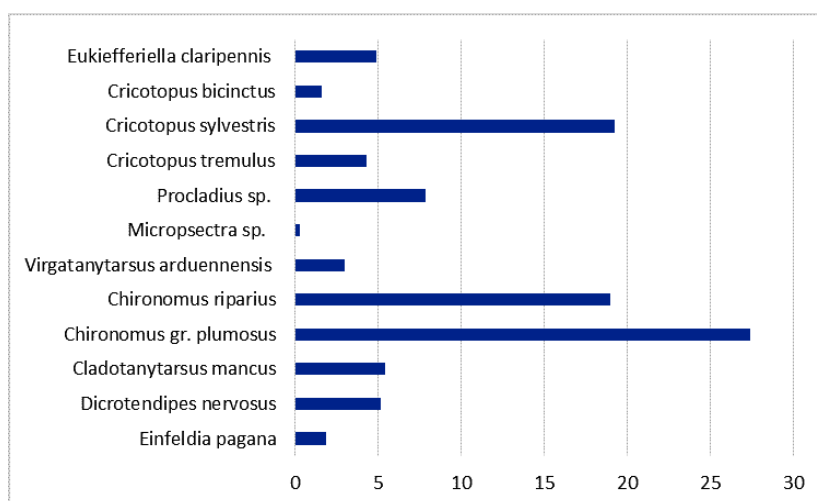
Za 45,67% zabeleženih vrsta hironomida u Kolubari nema podataka o tipu podloge koju naseljavaju, 40,73% je prilagođeno supstratu karakterističnom za velike rečne tokove (mulj – 22%, pesak – 15,73% i glina 3%). Šljunkovitu podlogu preferira 1,31% nađenih vrsta, kamenito dno 6,35%, a fitofilne vrste su bile zastupljene sa 3,30%. Na podlogu bogatu organskim materijama (detritusom) prilagođeno je 1,40% vrsta u zajednici.

Među zabeleženim vrstama hironomida dominantni su sakupljači sa 47,48% vrsta, zatim slede strugači (17,19%), predatori (16%) i aktivni filtratori (13,30%). Najmanje zastupljeni u zajednici bili su sekači (0,50%) i bušači (0,78%). Za ostale (4,75%) ne postoje podaci o načinu ishrane.

#### 4.5.4. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u Topčiderskoj reci u periodu 2007-2011. godina

U istraživanom delu Topčiderske reke 12 taksona, odnosno 33,15% od ukupnog broja zabeleženih taksona, pripada porodici Chironomidae. Najraznovrsnija potporodica je Chironominae sa 7 taksona i 6 rodova. Chironominae su bile dominantne u zajednici hironomida sa procentualnim udelom od 62,06%. Subdominantne su bile Orthoclaadiinae sa 30,08%, dok su najmanje zastupljene bile vrste iz potporodice Tanypodinae sa 7,86% od ukupnog broja jedinki, sa samo jednim taksonom – *Procladius* sp. Dominantna vrsta u zajednici hironomida Topčiderske reke bila je *Chironomus* gr. *plumosus* sa prosečnim procentualnim udelom u zajednici od 27,37%. Subdominantna je bila *Cricotopus*

*sylvestris* sa 19,24%. Sastav zajednice hironomida i procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Topčiderske reke dat je na slici 24.



Slika 24. Sastav zajednice Chironomidae i prosečan procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Topčiderske reke u periodu 2007-2011. godina.

U odnosu na saprobnu valencu, u analiziranoj zajednici hironomida, prosečna procentualna zastupljenost vrsta koje pripadaju alfa-mezosaprobnoj grupi iznosi 22%, dok se 23,30% može okarakterisati kao beta-mezosaprobno. Polisaprobne vrste hironomida imaju prosečnu zastupljenost od 15,92%, oligosaprobne 2,04%, dok za 36,73% nema podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju.

U odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (48,40%). Zastupljenost vrsta koje su prilagođene ritralu bila je 17,13%, dok za ostale vrste nema dovoljno autekoloških podataka.

U zajednici hironomida 39,37% vrsta nije osetljivo prema brzini rečnog toka, 6,15% preferira usporen rečni tok (limnofili), a 0,27% vrsta je prilagođeno stajaćoj vodi, ali opstaju i u tekućim vodama (limnoreofili). Od ukupnog broja hironomida zabeleženih u toku Topčiderske reke, 39,37% vrsta se ne može klasifikovati u odnosu na brzinu toka, s obzirom da nema odgovarajućih podataka (nedostaju opšti autekološki podaci).

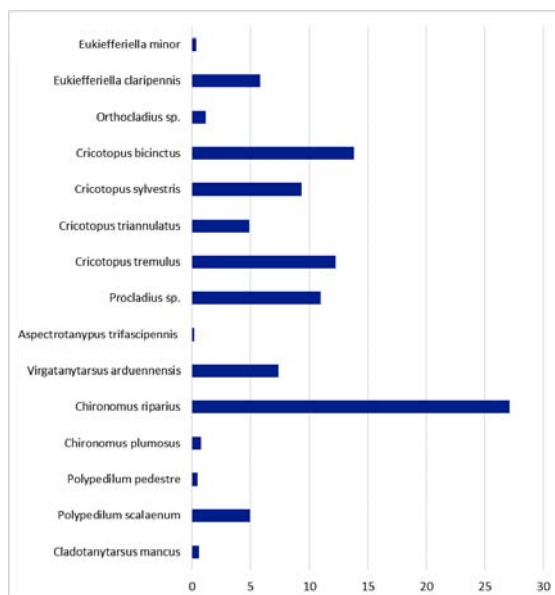
Za 56,37% zabeleženih vrsta hironomida u Topčiderskoj reci nema podataka o tipu podloge koju naseljavaju, a 40% je prilagođeno muljevito-peskovitom supstratu

(mulj – 35,62%, pesak – 3,96% i glina 0,40%). Šljunkovitu podlogu preferira 0,92% nađenih vrsta, kamenito dno 0,89%, a fitofilne vrste su bile zastupljene sa 0,81%.

Među zabeleženim vrstama hironomida dominantni su kolektori (sakupljači) sa 54,77% vrsta, zatim slede vrste koje se hrane struganjem (22,90%), aktivni filtratori (10,29%), vrste koje se hrane kidanjem (4,26%) i predatori (3,69%). Najmanje zastupljene u zajednici bile su vrste koje buše (1,83%). Za ostale (2,26%) ne postoje podaci o načinu ishrane.

#### 4.5.5. Sastav i struktura zajednice Chironomidae u Železničkoj reci u periodu 2007-2011. godina

U istraživanom delu Železničke reke 15 taksona, odnosno 71,29% od ukupnog broja zabeleženih taksona, pripada porodici Chironomidae. Najraznovrsnija potporodica jesu Chironominae sa 7 taksona i 6 rodova. Orthocladiinae su bile dominantne u zajednici hironomida sa prosečnim procentualnim udelom od 58,64%, a subdominantne su bile Chironominae sa 33,82%.



Slika 25. Sastav zajednice Chironomidae i prosečan procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Železničke reke u periodu 2007-2011. godina.

Najmanje zastupljene bile su vrste iz potporodice Tanyptodinae sa 7,53% od ukupnog broja jedinki, sa dva taksona – *Procladius* sp. i *Virgatanytarsus arduennensis*. Dominantna vrsta u zajednici hironomida Železničke reke bila je *Chironomus rirarius* sa prosečnim procentualnim udelom u zajednici od 27,12%. Subdominantna je bila *Cricotopus bicinctus* sa 13,82% iz potporodice Orthocladiinae. Ostale vrste iz ove potporodice, *C. tremulus*, *C. sylvestris* i *Eukiefferiella claripenis* bile su zastupljene u zajednici hironomida Železničke reke sa 12,28%, 9,38% i 5,80%. Sastav zajednice hironomida i procentualni udeo taksona na istraživanom delu toka Železničke reke dat je na slici 25.

U odnosu na saprobnost valencu, u analiziranoj zajednici hironomida, prosečna procentualna zastupljenost vrsta koje pripadaju  $\alpha$ -mezosaprobnoj grupi iznosi 29,52%, dok se 34,98% može okarakterisati kao beta-mezosaprobno. Vrste hironomida koje su tolerantne na organsko zagađenje (polisaprobne), imaju prosečnu zastupljenost od 15,50%. Oligosaprobne vrste bile su zastupljene sa 7,11% vrsta u odnosu na zajednicu hironomida, dok za 12,88% nema podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju. U odnosu na zonaciju rečnog toka, najveći je udeo vrsta tipičnih za potamal (54%). Zastupljenost onih vrsta koje su prilagođene gornjim delovima rečnog toka bila je 31,80%, dok za ostale vrste nema dovoljno autekoloških podataka.

U zajednici hironomida prosečna zastupljenost vrsta koje preferiraju usporen rečni tok (limnofili), iznosila je 8,47%, 7,18% vrsta je prilagođeno tekućoj vodi, ali opstaju i u stajaćim vodama (reolimnofili), a 0,40% je reofila. Od ukupnog broja hironomida zabeleženih u toku Železničke reke, 3,26% vrsta nije osetljivo prema brzini rečnog toka, a 80,68% vrsta se ne može klasifikovati u odnosu na brzinu toka, s obzirom da nema odgovarajućih podataka (nedostaju opšti autekološki podaci).

Za 83,84% zabeleženih vrsta hironomida u Železničkoj reci nema podataka o tipu podloge koju naseljavaju, a 11,05% je prilagođeno muljevito-peskovitom supstratu (mulj – 6,59%, pesak – 4,46%). Kamenitu podlogu preferira 3,86% nađenih vrsta, a fitofilne vrste su bile zastupljene sa 0,96%.

Među zabeleženim vrstama hironomida dominantni su kolektori (sakupljači) sa 39,25% vrsta, zatim slede vrste koje se hrane struganjem (37,87%), aktivni filtratori (10,80%), predatori (5,44%) i vrste koje se hrane kidanjem (5,39%). Najmanje zastupljene u zajednici bile su vrste koje buše (1,25%).

#### 4.6. Analiza uticaja sredinskih faktora na zajednicu hironomida u periodu 2007-2011. godina

##### 4.6.1. Uticaj hemijskog sastava vode na zajednicu hironomida

Rezultati analize uticaja sredinskih faktora na faunističku varijabilnost zajednica hironomida zabeleženih na istraživanim tokovima dati su na slici 26, uz prethodni odabir najboljeg podskupa skupa promenljivih koje bi trebalo uključiti u analizu (FS analiza, zasnovana na Pearsonovom korelacionom testu,  $p < 0,05$ ) (Tabela 17).

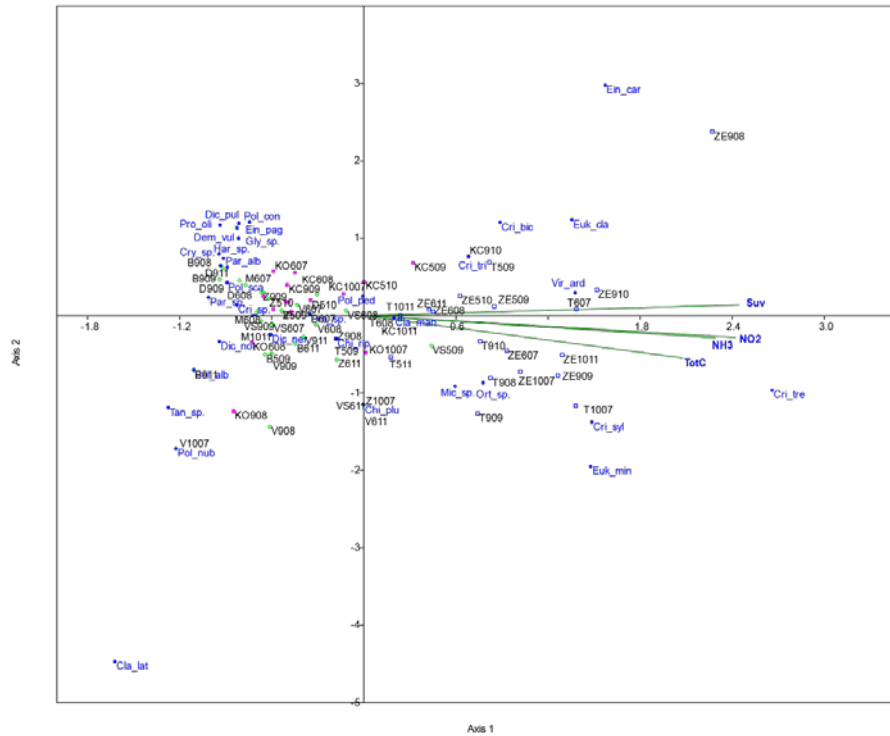
Tabela 17. Rezultati analize odabira najboljeg podskupa sredinskih parametara koji utiču na analizirane zajednice hironomida u istraživanim tokovima na području Beograda. Prikazani su rezultati proseka tromesečnih merenja (A) i mesečnih vrednosti (B), i to samo onih parametara koji su pokazali statistički značajan rezultat ( $p < 0,05$ ).

Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu Chironomidae u tipu 1,2 i 3 vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Suv	0,3150	3,03338	0,0000	Cl	0,1779	3,44319	0,0000
NO2	0,2763	2,64829	0,0000	Alk	0,1581	3,04487	0,0000
Tem	0,2640	2,52767	0,0000	Suv	0,1515	2,91367	0,0000
O2	0,2505	2,39435	0,0060	Tvr	0,1427	2,73879	0,0000
TotC	0,2361	2,25340	0,0140	TotP	0,1385	2,65484	0,0040
NH3	0,2300	2,19272	0,0040	BPK5	0,1234	2,35735	0,0140
pH	0,2230	2,12454	0,0020	NH3	0,1233	2,35573	0,0120
Fe	0,2223	2,11753	0,0020	HPK	0,1163	2,21860	0,0120
O2%	0,2218	2,11291	0,0200	Ele	0,1158	2,20910	0,0060
Cu	0,2104	2,00190	0,0140	TotC	0,1129	2,15126	0,0060
Cl	0,2079	1,97714	0,0140	NO3	0,1088	2,07258	0,0120
Ele	0,2034	1,93327	0,0200	As	0,1058	2,01360	0,0120
NO3	0,2002	1,90277	0,0500	NO2	0,1002	1,90429	0,0240
Alk	0,1975	1,87623	0,0240	Trans	0,0951	1,80537	0,0240
				Zn	0,0882	1,67198	0,0360
				Tem	0,0863	163,484	0,0240
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu Chironomidae u tipu 1 i 2 istraživanih vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Cl	0,3729	2,61703	0,0000	BPK5	0,2964	2,06240	0,0000
Ele	0,2905	2,02021	0,0000	NH3	0,2850	1,98067	0,0000
HPK	0,2828	1,96503	0,0000	Alk	0,2767	1,92168	0,0000
Fe	0,2770	1,92343	0,0120	Tvr	0,2706	1,87782	0,0000
Tvr	0,2714	1,88378	0,0120	TotP	0,2532	1,75353	0,0000
Alk	0,2637	1,82878	0,0120	pH	0,2500	1,73067	0,0000
pH	0,2436	1,68509	0,0020	Zn	0,2438	1,68719	0,0180
Zn	0,2425	1,67728	0,0200	Tem	0,2224	1,53537	0,0180
Cu	0,2396	1,65712	0,0480	Cu	0,2092	1,44231	0,0180
Suv	0,2319	1,60237	0,0120	NO3	0,1919	1,32009	0,0040
O2	0,2189	1,51041	0,0120	NO2	0,1890	1,29994	0,0180

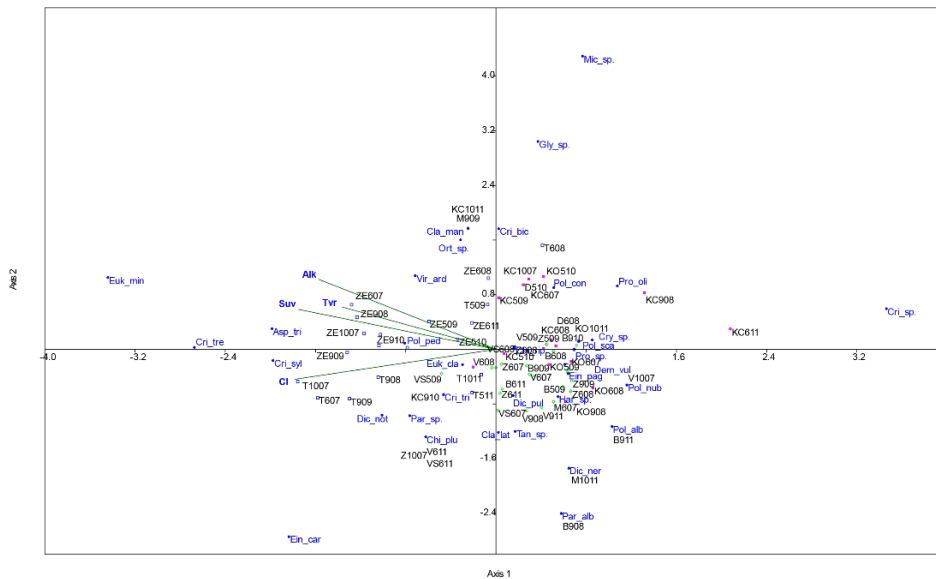
Tabela 17. nastavak

BPK5	0,2100	1,44748	0,0220				
O2%	0,2092	1,44181	0,0040				
Tem	0,1948	1,34028	0,0040				
TotP	0,1859	1,27821	0,0280				
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu Chironomidae u tipu 1 istraživanih vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
NH3	0,4664	2,58885	0,0000	BPK5	0,5064	2,82475	0,0000
NO2	0,3687	2,02183	0,0000	Alk	0,4663	2,58827	0,0000
pH	0,3578	1,95940	0,0020	NH3	0,4240	2,34097	0,0000
Trans	0,3402	1,85874	0,0020	Tvr	0,3916	2,15316	0,0000
O2	0,3263	1,77972	0,0020	As	0,3738	2,05079	0,0000
NO3	0,3129	1,70354	0,0020	TotP	0,3662	2,00730	0,0000
BPK5	0,2998	1,62990	0,0460	Ele	0,3471	1,89802	0,0000
HPK	0,2835	1,53817	0,0080	NO2	0,3250	1,77247	0,0000
As	0,2794	1,51524	0,0500	pH	0,3115	1,69561	0,0020
Alk	0,2779	1,50680	0,0060	Suv	0,3097	1,68555	0,0060
TotC	0,2739	1,48429	0,0380				
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu Chironomidae u tipu 2 istraživanih vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Fe	0,4768	1,72087	0,0000	NH3	0,5969	2,20720	0,0000
HPK	0,4605	1,65656	0,0000	BPK5	0,4717	1,70044	0,0000
NH3	0,4451	1,59621	0,0000	TotP	0,4203	1,49977	0,0000
BPK5	0,4361	1,56116	0,0000	Tvr	0,3962	1,40708	0,0000
NO2	0,4360	1,56055	0,0000	Tem	0,3936	1,39710	0,0000
O2	0,4257	1,52077	0,0000	Alk	0,2500	0,86312	0,0380
pH	0,4036	1,43551	0,0000				
TotP	0,3636	1,28295	0,0000				
Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu Chironomidae u tipu 3 istraživanih vodotoka							
A				B			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p	Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
NO2	0,3551	2,66827	0,0000	BPK5	0,3385	2,52707	0,0000
HPK	0,3256	2,41874	0,0000	Alk	0,3279	2,43791	0,0060
BPK5	0,3017	2,21989	0,0000	Tvr	0,2991	2,19862	0,0060
Fe	0,2580	1,86673	0,0020	Tem	0,2673	1,94136	0,0080
NO3	0,2278	1,62940	0,0020	TotP	0,2672	1,93991	0,0080
pH	0,2150	1,53104	0,0100	NH3	0,2139	1,52228	0,0100

a)



b)



Slika 26. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica hironomida zabeleženih u tri tipa istraživanih tokova na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Dunav i Sava, ružičasto Kolubara, plavo Topčiderska i Železnička reka).



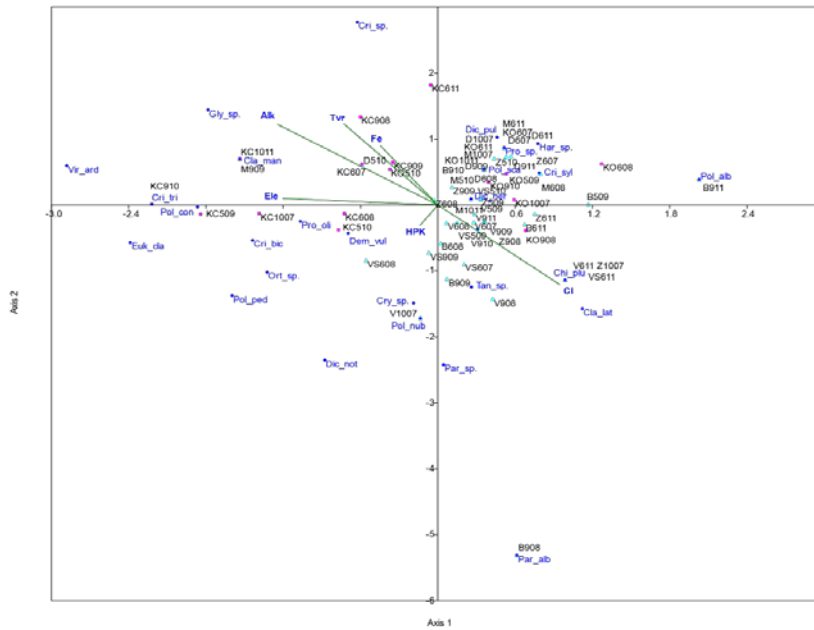
Ukoliko se posmatra višemesečni uticaj odabranih sredinskih faktora (prosečne vrednosti merenih parametara) na sastav zajednica hironomida prema našim rezultatima (slika 26) uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,32 i 0,14) opisuju 78,66% varijabilnosti u odnosu hironomida i spoljašnje sredine, i sugeriše da postoji jaka veza u odnosu između sredinskih faktora i hironomida u istraživanim rekama. Najveći pozitivan skor sa prvom CCA osom imaju količina suvog ostatka i nitrita, zatim koncentracija amonijum jona i ukupnog organskog ugljenika (Slika 26a), sa čijim vredostima su pozitivno korelisane hironomide zabeležene u Topčiderskoj i Železničkoj reci – *Cricotopus tremulus*, *C. sylvestris*, *Eukiefferiella minor*, *E. claripennis*, *Virgatanytarsus arduennensis*. Sa druge strane, ako se posmatra uticaj odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 26b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,21 i 0,14) opisuju 82,61% varijabilnosti. Najveći negativan skor sa prvom, ali i sa drugom osom, pokazuje koncentracija Cl, a sa njom su u najvećoj korelaciji *Cricotopus sylvestris*, *Dicrotendipes notatus* i *C. trmulus*. *Apsectrotanytus trifascipennis*, *Eukiefferiella minor* i *Virgatanytarsus arduennensis* pokazuju najveću korelisanost sa sredinskim parametrima koji su se izdvojili kao najznačajniji u strukturiranju zajednice hironomida (količina suvog ostatka, alkalitet i ukupna tvrdoća vode, kao i koncentracija Cl), a ujedno su usloveli izdvajanje Topčiderske i Železničke reke (tip 3) od ostalih tipova reka čije smo bentosne zajednice proučavali.

Kako bi se došlo do jasnije diferencijacije zajednica ostalih reka, koje su u ovom slučaju bile negativno korelisane sa faktorima sredine, zajednice Topčiderske i Železničke reke izostavljene su iz analize, a odabran je i novi set parametara (Tabela 17), koji se pokazao kao najznačajniji set faktora koji je uticao na faunistički sastav zajednice hironomida u tipu 1 i 2 istraživanih tokova (Slika 27).

U ovom slučaju, prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,31 i 0,24), opisuju 54,14% varijabilnosti u zajednici, a ključni faktori koji su uticali na distribuciju vrsta hironomida u Kolubari jesu elektroprovodljivost vode i alkalitet, koji su u najvećoj pozitivnoj korelaciji sa prvom CCA osom, kao i sa njima pozitivno korelisani sredinski parametri – tvrdoća vode i koncentracija gvožđa. Pozitivnu korelaciju sa ovim parametrima imaju vrste *Cladotanytarsus mancus*, *Glyptotendipes* sp., *Cricotopus triannulatus*, *C. bicinctus*, *Polypedilum convictum*, *Virgatanytarsus arduennensis*,

*Eukiefferiella claripennis* i *Demicriptochironomus vulneratus*, dok je u odnosu na njih koncentracija hlorida negativno korelisana, a sa njom su u najvećoj korelaciji *Cladopelma lateralis* i *Chironomus* gr. *plumosus* (Slika 27a). Sa druge strane, analizom uticaja odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 27b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,30 i 0,23) opisuju 60,72% varijabilnosti u odnosu hironomida i uslova sredine koja ih okružuje. Najveći pozitivan skor sa prvom osom pokazuju alkalitet i ukupna tvrdoća vode sa kojima su u korelaciji *Virgatanytarsus arduennensis*, *Eukiefferiella claripennis*, *Demicriptochironomus vulneratus*, *C. triannulatus* i *Cricotopus* sp. Najveći negativan skor sa prvom osom pokazuje koncentracija amonijum jona, koji je pozitivno korelisan sa biološkom potrošnjom kiseonika. Na povišene vrednosti ovih parametara kao najtolerantnije izdvajaju se *Cricotopus sylvestris*, *Paratendipes albimanus*, *Polypedilum albicorne* i *Chironomus plumosus*. Koncentracija hlorida, odnosno u drugom slučaju amonijum jona (Slika 27a i 27b), delimično je uticala na izdvajanje zajednica Dunava i Save u odnosu na Kolubaru, međutim da bi se preciznije sagledao uticaj sredinskih faktora na zajednice hironomida i definisali ključni faktori za njihovu distribuciju, zasebno su analizirani tip 1, tip 2 i tip 3 vodotoka na području Beograda (Slike 28,29,30).

a)



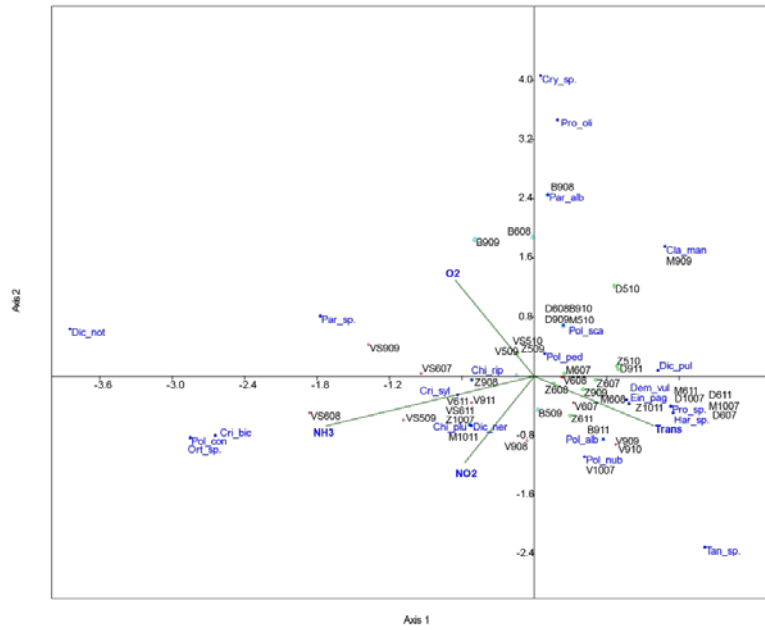
b)



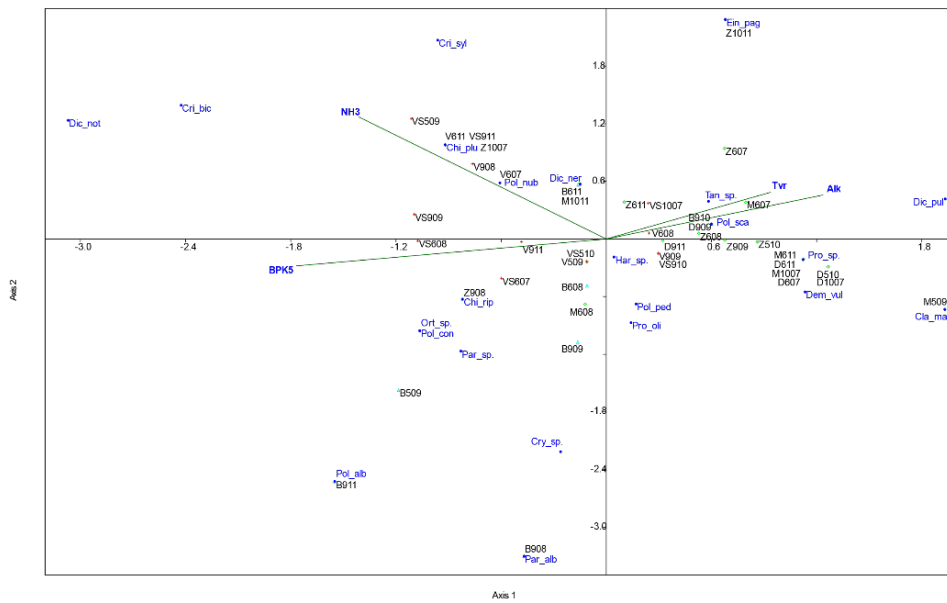
Slika 27. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica hironomida zabeleženih u dva tipa istraživanih tokova na području Beograda (Dunav i Sava – tip 1 i Kolubara – tip 2) i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; plavo Dunav i Sava, ružičasto Kolubara).

Rezultati multivarijantne (CCA) analize (Slika 28a) pokazuju da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,34 i 0,21) objašnjavaju 74,98% varijabilnosti između hironomida i sredinskih faktora. Prema našim rezultatima najveći uticaj na zajednicu hironomida u Dunavu ima koncentracija amonijum jona i nitrita, a sa njima su u pozitivnoj korelaciji *Cricotopus bicinctus*, *C. sylvestris*, *Polypedilum convictum*, *Orthocladius* sp., *Parachironomus* sp. i *Dicrotendipes nervosus*. *Polypedilum albicorne*, *P. nubeculosum*, *Einfeldia pagana*, *Demicriptochironomus vulneratus*, *Procladius* sp. i *Harnischia* sp. u pozitivnoj su korelaciji sa providnošću vode. Analizom uticaja odabranih sredinskih faktora merenih u trenutku uzorkovanja faune (Slika 28b), uočava se da prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,31 i 0,20) opisuju 79,25% varijabilnosti u odnosu hironomida i uslova sredine koja ih okružuje. Pozitivan skor sa prvom osom pokazuju alkalitet i ukupna tvrdoća vode, a sa njima su u pozitivnoj korelaciji *Dicrotendipes pulsus*, *Cladotanytarsus mancus*, *Procladius* sp. i *D. vulneratus*, dok biološka potrošnja kiseonika i koncentracija amonijum jona pokazuju negativan skor na prvoj osi, pri čemu koncentracija amonijum jona pokazuje najveći pozitivan skor na drugoj CCA osi. Na smanjene količine kiseonika u vodi kao posledicu bioloških procesa najveću prilagođenost pokazuju *Chironomus riparius*, *P. convictum* i *Orthocladius* sp., ali i *C. bicinctus* i *Dicrotendipes notatus*, koje su pozitivno korelisane i sa koncentracijom amonijum jona u vodi. Sa povećanom količinom amonijum jona korelisane su i *Chironomus* gr. *plumosus* i *C. sylvestris*.

a)

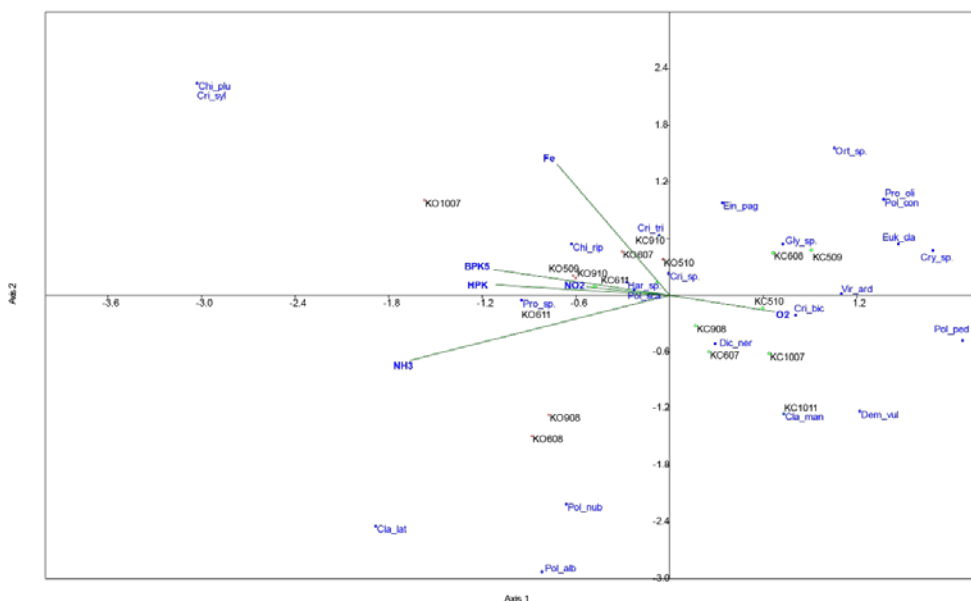


b)

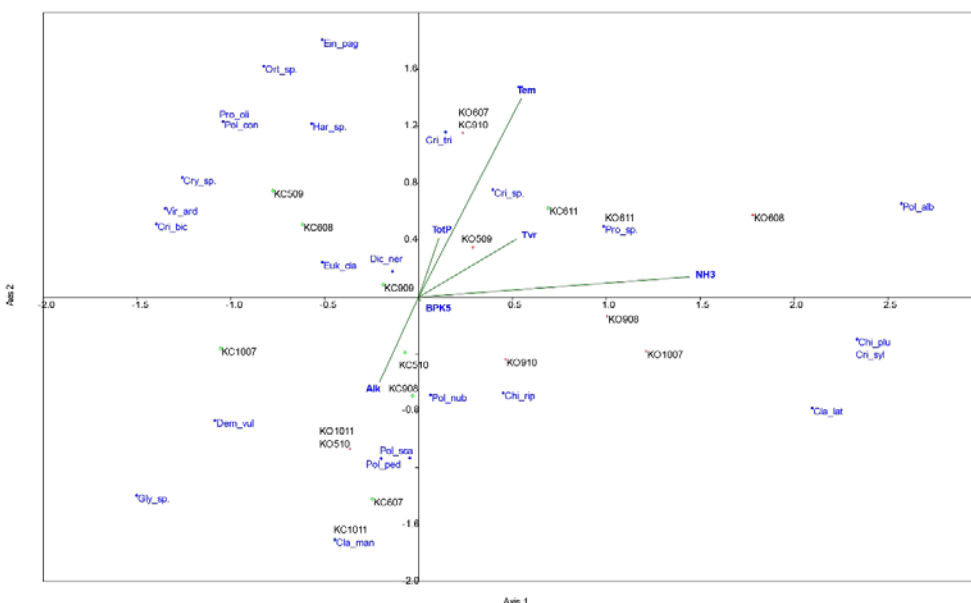


Slika 28. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica hironomida zabeleženih u istraživanom delu toka Dunava i Save (tip 1 vodotoka) na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Sava, crveno Višnjica i Vinča, plavo Stari Banovci).

a)



b)



Slika 29. CCA ordinacijski triplot: analiza zajednica hironomida zabeleženih u istraživanom delu toka Kolubare (tip 2 vodotoka) na području Beograda i fizičkih i hemijskih parametara vodene sredine: a) prosečne vrednosti za tri meseca analiziranih sredinskih parametara, b) vrednosti sredinskih parametara zabeležene u trenutku uzorkovanja bentosa (objašnjenje skraćenica data je u prilogu 2; crveno Obrenovac, zeleno Čelije).

Na osnovu našeg istraživanja, na distribuciju hironomida na dva lokaliteta na Kolubari u najvećoj meri uticali su amonijum joni, hemijska potrošnja kiseonika i sa njima pozitivno korelisani faktori – pH, biološka potrošnja kiseonika i koncentracija Fe (Slika 29a). Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,29 i 0,24) opisuju 72,4% varijabilnosti u odnosu hironomida i sredinskih parametara. Najveći pozitivan skor na prvoj CCA osi ima koncentracija amonijum jona, sa kojima su pozitivno korelisane vrste *Procladius* sp., *Cladopelma lateralis*, *Polypedilum albicorne* i *P. nubeculosum*. *Chironomus riparius*, *Cricotopus triannulatus*, *C. sylvestris* i *Harnischia* sp. pozitivno su korelisane sa biološkom i hemijskom potrošnjom kiseonika i prisustvom Fe na lokalitetu Obrenovac. Hironomide zabeležene na lokalitetu Čelije pokazuju negativnu korelisanost sa ovim parametrima, i to *Cricotopus bicinctus*, *Glyptotendipes* sp., *Virgatanytarsus arduennensis*, *Prodiamesa olivacea* i *Polypedilum convictum* pokazuju negativnu korelaciju sa pH i koncentracijom amonijum jona, dok *Polypedilum scalaenum*, *Cladotanytarsus mancus*, *Demicriptochironomus vulneratus* pokazuju negativnu korelaciju sa biološkom i hemijskom potrošnjom kiseonika i koncentracijom Fe. U slučaju kada se u analizu uključe vrednosti zabeležene u trenutku uzimanja faune, takođe se uočava veliki uticaj amonijum jona u strukturiranju zajednice hironomida na lokalitetu Obrenovac (Slika 29b), sa čijom su koncentracijom pozitivno korelisane *Ch. riparius*, *Ch. gr. plumosus*, *C. sylvestris*, *C. lateralis* i *Procladius* sp. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,47 i 0,30) opisuju 57,66% varijabilnosti u odnosu hironomida i uslova sredine koja ih okružuje. Pozitivnu korelaciju sa alkalitetom (negativan skor na drugoj CCA osi) pokazuju *P. scalaenum*, *P. pedestre*, *P. nubeculosum*, *D. vulneratus* i *Glyptotendipes* sp. Prema našim rezultatima najveći pozitivan skor na drugoj CCA osi ima temperatura vode, sa kojom su u najvećoj korelaciji *C. triannulatus* i *Cricotopus* sp.

Rezultati CCA analize Topčiderske i Železničke reke (tip 3 vodotoka) pokazuju da prve dve ose (eigen-vrednosti od 0,25 i 0,22) objašnjavaju 69,69% varijabilnosti između hironomida i sredinskih faktora, od kojih BPK<sub>5</sub> ima najveći pozitivan skor sa prvom osom, a HPK najveći pozitivan skor sa drugom CCA osom (Slika 30a). Pozitivnu korelaciju sa BPK<sub>5</sub> pokazuju vrste *Cladotanytarsus mancus*, *Polypedilum scalaenum*, *Dicrotendipes nervosus*, *Chironomus riparius*. *Cricotopus sylvestris*, *Chironomus plumosus* i *Orthocladius* sp. pokazuju pozitivnu korelaciju sa HPK, ali i sa

koncentracijom nitrita i Fe, sa kojom su u pozitivnoj korelaciji *Cricotopus tremulus*, *Einfeldia pagana* i *Virgatanytarsus arduennensis* i *Apsectrotanypus trifascipennis*.

U slučaju kada se u analizu uključe vrednosti zabeležene u trenutku uzimanja faune, takođe se uočava veliki uticaj BPK<sub>5</sub> na zajednicu hironomida sa kojim su pozitivno korelisane *Micropsectra* sp. *Procladius* sp. i *P. scalaenum* (Slika 30b). U ovom slučaju prve dve CCA ose opisuju 86,33% varijabilnosti u zajednici (eigen-vrednosti od 0,22 i 0,21). Negativnu korelisanost sa ukupnom tvrdoćom vode pokazuju *Eukiefferiella minor*, *Polypedilum pedestre*, *C. mancus*, *Ortocladius* sp. i *A. trifascipennis*.





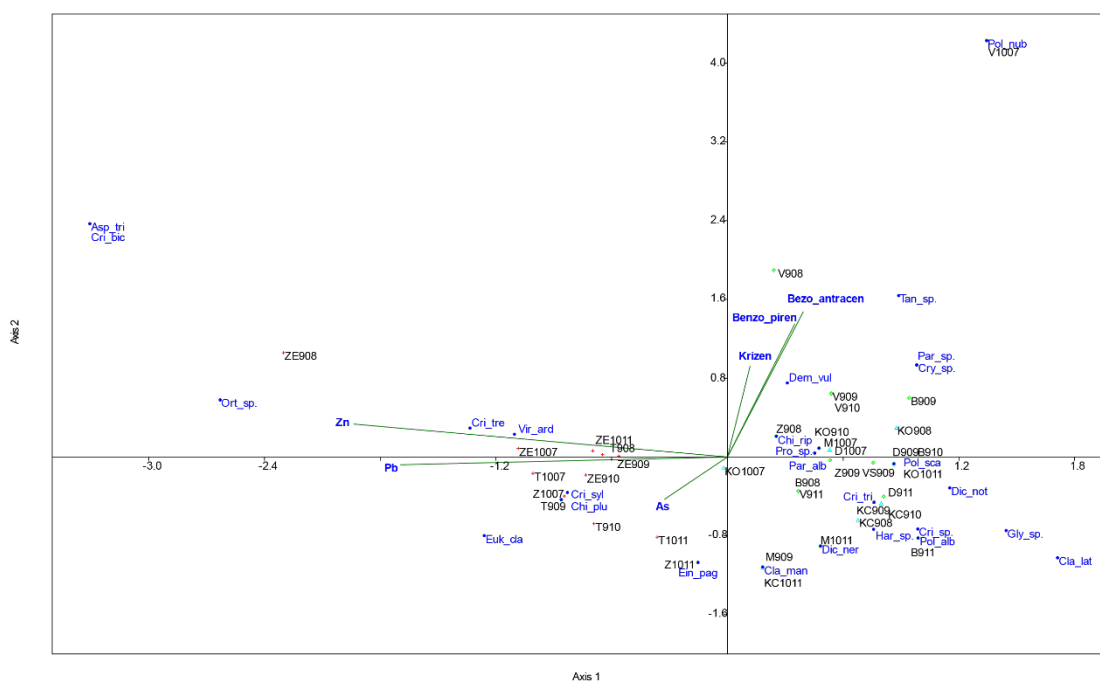
## 4.6.2. Uticaj hemijskog sastava sedimenta na zajednicu hironomida

Na distribuciju hironomida utiče i hemijski sastav sedimenta, a ako se uzme u obzir da je u zabeleženim zajednicama ova tri tipa vodotoka najveći broj pelofilnih, psamofilnih i argilofilnih vrsta, veoma je važno analizirati uticaj hemijskog sastava sedimenta. Odabir promenljivih koje imaju najveći uticaj na zajednice ovih reka urađen je, kao i u predhodnim analizama, uz pomoć FS analize, koja se zasniva na Pearsonovom korelacionom testu ( $p < 0,05$ ), a statistička značajnost dobijenih rezultata potvrđena je Monte Carlo permutacionim testom (999 ponavljanja). Rezultati analize dati su u Tabeli 18.

Tabela 18. Rezultati analize odabira najboljeg podskupa analiziranih parametara sedimenta koji utiču na zajednice hironomida u istraživanim tokovima na području Beograda. Prikazani su rezultati onih parametara koji su pokazali statistički značajan rezultat ( $p < 0,05$ ).

Set sredinskih parametara za analiziranu zajednicu u sva tri istraživana tipa vodotoka			
Parametar	Eigen vrednost	F statistika	p
Pb	0,5553	2,68573	0,0000
As	0,4788	2,29649	0,0240
Cu	0,4787	2,29596	0,0280
Benzo antracen	0,4735	2,26970	0,0260
Zn	0,4667	2,23554	0,0240
Benzo piren	0,4395	2,09902	0,0300
Krizen	0,4354	2,07836	0,0300
PAH	0,4295	2,04900	0,0280
Benzo fluoranten	0,4267	2,03502	0,0300
Benzo fluoranten	0,4267	2,03502	0,0320
Fluoranten	0,4211	2,00696	0,0280
Piren	0,4142	1,97273	0,0400
Fluoren	0,4108	1,95583	0,0260
Benzo perilen	0,3658	1,73323	0,0020
Indeno piren	0,3451	1,63153	0,0380

Rezultati CCA analize, kojom je analiziran uticaj hemijskog sastava sedimenta na zajednice hironomida zabeležene u tri tipa istraživanih vodotoka na području Beograda, dati su na slici 31. Prve dve CCA ose (eigen-vrednosti od 0,57 i 0,30) objašnjavaju 72% varijabilnosti između vrsta i sredine koja ih okružuje, a dobijeni rezultat sugerise da postoji jaka veza između sastava sedimenta i hironomida. Najveći negativan skor na prvoj osi ima koncentracija Zn i Pb u sedimentu. Sa drugom CCA osom najveći pozitivan skor ima koncentracija benzo antracena i benzo pirena u sedimentu, a najveći negativan skor koncentracija As. Pozitivnu korelaciju sa prisustvom metala u Topčiderskoj i Železničkoj reci pokazuju *Apsectrotanypus trifascipennis*, *Cricotopus bicinctus*, *C. tremulus*, *C. sylvestris*, *Orthocladius* sp., *Virgatanytarsus arduennensis*, *Eukiefferiella claripennis*, i *Chironomus* gr. *plumosus*. U korelaciji sa benzo antracenom i benzo pirenom jesu *Tanypus* sp., *Demicrochironomus vulneratus*, *Cryptotendipes* sp. i *Parachironomus* sp.



Slika 31. CCA ordinacijski triplot: analiza zavisnosti zajednica hironomida, zabeleženih u tri tipa istraživanih tokova na području Beograda, i hemijskog sastava sedimenta (objašnjenje skraćenica dato je u prilogu 2; zeleno Dunav i Sava, plavo Kolubara, crveno Topčiderska i Železnička reka).

## **5. DISKUSIJA**

Taksonomskom analizom tri tipa vodotoka na području Beograda zabeleženo je 115 taksona makrobeskičmenjaka, svrstanih u 48 porodica i 8 klasa.

Analizom zajednica vodotokova tipa 1 zabeležena su 63 taksona akvatičnih beskičmenjaka u Dunavu, a u Savi 43 taksona. Zabeležene zajednice se mogu okarakterisati kao zajednice akvatičnih beskičmenjaka tipične za velike ravničarske reke (Paunović *et al.* 2008). Najbrojnije su bile vrste iz klase Oligochaeta, dok je najveći broj vrsta zabeležen u okviru porodice Chironomidae. Slične zajednice zabeležene su i u prethodnim istraživanjima Dunava i Save na području Beograda (Jakovčev 1988, 1989, 1991, Martinović-Vitanović *et al.* 1999a, Martinović-Vitanović *et al.* 1999b, Popović *et al.* 2013), ali i duž celog toka kroz Srbiju (Nedeljković 1979, Jakovčev 1988, Paunović 2004, Paunović *et al.* 2005, Paunović *et al.* 2007, Martinović-Vitanović *et al.* 2006, Martinović-Vitanović *et al.* 2008, Paunović *et al.* 2008, Tubić *et al.* 2013). Dobijeni rezultati takođe su u skladu i sa rezultatima istraživanja velikih ravničarskih reka Evrope (Bakanov 1988, 2003, Russev *et al.* 1998, Šporka & Nagy 1998, Fesl 2002, Humpesch & Fesl 2005, Csányi & Paunović 2006, Zinchenko 2006, Georg *et al.* 2010, Kolaříková *et al.* 2014).

Velika zastupljenost oligoheta i hironomida na finom sedimentu u sporotekućim rečnim zonama i uticaj smanjene brzine protoka i uniformnosti biotopa na strukturu zajednice akvatičnih beskičmenjaka razmatrani su od strane brojnih autora (Herzig 1984, Boon 1988, Tittizer 1997, Parz-Gollner & Herzig 2000, Fesl 2002, Penczak *et al.* 2006). Sa druge strane Georg *et al.* (2010) navode da kvantitativnih podataka o akvatičnim beskičmenjacima koji naseljavaju meke sedimente u usporenim rečnim zonama ima malo, naročito kada je reč o velikim rekama. Kao glavni razlozi navode se problem metodologije uzorkovanja i taksonomske poteškoće. Na mekom supstratu velikih reka dominantne grupe su Oligochaeta i Chironomidae, koje se smatraju komplikovanim u pogledu identifikacije vrsta, pa su u velikom broju studija prikazane na nivou grupa (Georg *et al.* 2010, Koperski 2010).

Brojnost oligoheta i taksonomska raznovrsnost hironomida u tipu 1 istraživanih vodotokova na području Beograda ukazuju na organsko opterećenje i prisustvo finog sedimenta. Prema ekološkoj klasifikaciji taksona, u odnosu na saprobnu valencu (Moog 2002), uočava se manja zastupljenost polisaprobnihih taksona u Dunavu (39,60%) u odnosu na period 1996-2000. godina (51,30%), kao i veći udeo oligo- i  $\beta$ -

mezosaprobnih organizama, što je u skladu sa zabeleženim trendovima smanjenja opterećenja Dunava organskim i neorganskim materijama ([www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj\\_2012.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_2012.pdf)). Poznato je da gustina zajednice raste sa povećanjem količine organskih materija na staništu (Burt *et al.* 1991, Paul & Meyer 2001), i sa tim u vezi zabeleženo je smanjenje gustine zajednice u odnosu na period 1996-2000. godina sa 3.751.455 ind/m<sup>2</sup> na 343.508 ind/m<sup>2</sup>.

Dominantne vrste u bentosnoj zajednici Dunava i Save jesu Tubificidae *Limnodrilus hoffmeisteri*, *L. claparedeanus* i *Branchiura sowerbyi*, koje su karakteristične za meke supstrate velikih reka (Atanacković *et al.* 2013) i koje mogu opstati i u stresnim uslovima na staništu, kao što su nedostatak kiseonika, povećana količina nutrijenata i velika količina suspendovanih čestica.

Tokom istraživanja u Savi zabeleženo je povećanje broja polisprobnih taksona i veća zastupljenost oligoheta u odnosu na period 1996-2000. godina. Oligohete kao dominantna komponenta zajednice činile su 76,5%, što je povećanje za više od 50%. U prethodnom periodu (1996-2000), dominantna grupa u zajednici bile su Gastropoda (7 vrsta) sa 50% zastupljenosti, dok je u periodu istraživanja u okviru grupe Gastropoda zabeležena samo vrsta *Lithoglyphus naticoides*, koja je bila zastupljena sa 4,60%. Ista vrsta je i u prethodnom periodu istraživanja bila dominantna, a takođe se beleži kao dominantna vrsta u zajednici Gastropoda duž toka Save kroz Srbiju (Tomović *et al.* 2010). Moguće objašnjenje ovakve razlike u zajednici Gastropoda jeste taloženje supstrata koji prekriva vegetaciju, što za posledicu ima to da se strugači premeštaju na mesta sa slobodnom vegetacijom kojom se hrane. Sve navedeno smanjuje verovatnoću nalaženja strugača u uzorku, a vremenom uniformnost supstrata dovodi i do proporcionalnog smanjenja njihove zastupljenosti u zajednici na račun kolektora i filtratora (Vannote *et al.* 1980). Školjke su bile predstavljene sa 6 vrsta tipičnih za potamon velikih reka.

Svakako, raznovrsnost mekušaca u Dunavu i Savi nije zanemarljiva, zabeleženo je 13 vrsta na području grada, dok je u Savi, u delu toka od Zagreba do Beograda, zabeleženo 20 taksona (13 Gastropoda i 7 Bivalvia) (Paunović *et al.* 2012), a u Dunavu, u delu toka od Klosterneuburga (Austrija) do Vidina (Bugarska) zabeleženo je 35 vrsta (Csányi & Paunović 2006). Mouthon (1981) u svom radu navodi da Mollusca preferiraju potamon i da su najraznovrsnije u donjim rečnim tokovima, za razliku od

insekatske komponente (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera) (Chatzinikolaou *et al.* 2006), koja nastanjuje srednje i gornje delove toka. Martinović-Vitanović *et al.* (2013) navode slične rezultate, odnosno veću raznovrsnost mekušaca u donjem delu toka Dunava kroz Srbiju.

Opstanak, sastav i struktura akvatičnih biocenoza u direktnoj su vezi sa fizičkim i hemijskim parametrima sredine koja ih okružuje i, kako Russev (1979) navodi, javlja se generalni trend pogoršanja kvaliteta vode na području velikih gradova.

Hidraulični režim i tip podloge se najčešće navode kao ključni faktori za distribuciju vrsta u zajednici (Eedy & Giberson 2007, Syrovátka *et al.* 2009). I mnogi drugi autori (Allan 1995, Pardo & Armitage 1997, Beisel *et al.* 1998, Brown 2003, Méricoux & Dolédec 2004, Brooks *et al.* 2005, Miserendino 2009), ukazuju da su tip podloge, brzina toka i karakteristike sedimenta važni za distribuciju bentosnih vrsta. Usporeni deo rečnog toka je bogat organskim česticama i nudi obilje hrane sakupljačima i aktivnim filtratorima sa niskim potrebama za kiseonikom, pri čemu zadovoljava potrebe za hranom velikog broja jedinki (Culp *et al.* 1983). Sa druge strane, veća brzina toka pogoduje perifitonu u nutrijentima siromašnim staništima (Horner *et al.* 1990) i podržava zajednicu strugača tj. konzumente perifitonskih algi. Syrovátka *et al.* (2009) nalaze da odnos funkcionalnih tipova ishrane ne prati uvek gradijent hidrauličnih uslova kako navode Vannote *et al.* (1980) u svom konceptu rečnog kontinuuma. Bogatstvo vrsta oligoheta u usporenim rečnim zonama potvrđuje generalne potrebe većine oligoheta za blagim hidrauličnim uslovima koji podržavaju taloženje čestica organskih materija (Schmedtje & Colling 1996), dok hironomide koje grade kućice i manji broj oligoheta imaju sposobnost da opstaju u površinskim slojevima podloge, gde je i hrana pod najvećim uticajem hidrauličkih uslova.

Neke studije ukazuju da je temperatura značajan faktor koji utiče na ishranu, rast i razvoj hidrobionata (Miljanović 2001, Caissie 2006, Živić *et al.* 2006, 2013, 2014). Temperatura vode Dunava i Save kretala se u granicama tipičnim za evropske ravničarske reke, gde su sezonske varijacije u temperaturi izražene i iznose preko 20°C, sa maksimalnom temperaturom u avgustu i minimalnom u decmbru/januaru (Tockner *et al.* 2009, Lovasz 2012). Zabeležene pH vrednosti u Dunavu i Savi ukazuju na slabo alkalnu sredinu pogodnu za razvoj akvatičnih organizama. Vrednost pH zabeležena na lokalitetu Stari Banovci (pH 8,80) može se pripisati uticaju vode reke Tise, za koju je

uobičajena pojava povišenih pH vrednosti u vegetacionom periodu i ne ostavlja posledice na živi svet (Živadinović *et al.* 2010). Na osnovu zabeleženih vrednosti kiseoničnih parametara, može se zaključiti da je aerisanost dobra, sa povremenim deficitom koji se javlja na lokalitetima nizvodno od efluenata bogatih organskim materijama. Burt *et al.* (1991) navode da u zonama sa smanjenom količinom kiseonika (nizvodno od efluenata) gustina zajednice Tubificidae raste, a da udeo ostalih grupa u zajednici postaje zanemarljivo mali u odnosu na zone uzvodno od efluenata, na šta su ukazali i rezultati istraživanja u Savi i Dunavu

I pored činjenice da ovi faktori imaju značajan uticaj na distribuciju vrsta makrobeskičmenjaka u rečnim ekosistemima, ne zna se tačan uticaj hemijskih karakteristika vode i sedimenta na mnoge vrste koje u njima žive. Friberg *et al.* (2010) navode da su BPK<sub>5</sub>, amonijum joni, nitrati i fosfati najznačajniji faktori u ravničarskim rekama, ali predlažu temeljnija istraživanja kako bi se poboljšalo razumevanje odnosa bentosnih organizama i uslova staništa. Među fizičkim i hemijskim parametrima vode koji najviše utiču na sastav i strukturu zajednice akvatičnih beskičmenjaka u tipu 1 vodotoka na području Beograda izdvajaju se prisustvo hlorida i nitrata, koji u najvećoj meri utiču na sastav i strukturu zajednice u Dunavu, i koncentracija Fe, koja je uticala na zajednicu Save. Hloridi i nitrati se javljaju kao produkti metaboličkih aktivnosti, odnosno visok sadržaj nitrata u vodama ukazuju na prisustvo organske materije u krajnjem stadijumu oksidacije ili na spiranje sa nađubrenih polja. Vode bogate nitratima koje se ispuštaju u vodotokove podstiču rast biomase, odnosno dovode do eutrofikacije vodotokova. Ovi parametri utiču na veći deo životnog ciklusa vrsta zabeleženih u tipu 1 vodotoka, a naročito na zajednicu koju karakteriše prisustvo vrsta tolerantnih na umereno do jako organsko zagađenje *Chironomus plumosus*, *Polypedilum albicorne*, *Helobdella stagnalis*, *Nais barbata* (Rosenberg & Resh 1993). Ako se posmatraju vrednosti parametara uzete u trenutku uzorkovanja bentosa, uočava se takođe uticaj azotnih jedinjenja, ali u ovom slučaju snažan uticaj nitrita na zajednicu, kao i BPK<sub>5</sub>, sa kojima su pozitivno korelisane vrste koje su tolerantne na prisustvo polutanata.

S obzirom na činjenicu da su u zajednicama akvatičnih beskičmenjaka Dunava i Save dominantne psamo-pelofilne vrste, uticaj hemijskog sastava sedimenta na sastav i strukturu zajednica akvatičnih beskičmenjaka je evidentan. Sediment predstavlja rezervoar toksičnih i perzistentnih jedinjenja antropogenog porekla zbog snažno



izražene tendencije vezivanja zagađujućih materija (Palmer *et al.* 2000), tako da je analizom sedimenta moguće detektovati dugoročno zagađenje u nekom ekosistemu (Wania & Mackay 1996, Lehman *et al.* 1997). Mnogi bentosni beskičmenjaci se ukopavaju u sediment i svojom aktivnošću dovode do mešanja čestica sedimenta sa vodom (proces poznat kao bioturbacija), čime povećavaju dostupnost kako hranljivih tako i toksičnih materija ostalim članovima zajednice bez obzira da li su u pitanju pelofilne, psamofilne ili fitofilne vrste. Zagađenje sedimenta hranljivim materijama, metalima ili perzistentnim jedinjenjima povećava skup faktora koji ugrožavaju opstanak i razvoj zajednica akvatičnih beskičmenjaka (de Haas 2004). Rezultati našeg istraživanja na vodotocima tipa 1 ukazuju da hemijske karakteristike sedimenta imaju nešto veći uticaj na zajednice akvatičnih beskičmenjaka od fizičkih i hemijskih karakteristika vode. Hemijske karakteristike sedimenta opisuju 62,47% varijabilnosti u zajednici, višemesečni uticaj fizičkih i hemijskih parametara vode opisuje 61,47% varijabilnosti, dok vrednosti parametara vode uzete u trenutku uzorkovanja faune dna objašnjavaju najmanji stepen varijabilnosti u zajednici (57,50%), ostavljajući 42,50% varijabilnosti neobjašnjeno (prema Ter Braak & Verdonschot 1995). Multivarijantna analiza ukazuje da su zajednice u visokom stepenu korelacije sa uslovima na staništu, ali sa biološkog aspekta opravdanije je pratiti uticaj parametara na njihov razvoj u dužem vremenskom periodu.

Analizom zajednice makrobeskičmenjaka reke Kolubare na području Beograda zabeleženo je 78 taksona.

Na lokalitetu Čelije uočava se veća raznovrsnost zajednice u odnosu na nizvodni lokalitet (Obrenovac), ali i u odnosu na sve ostale istraživane reke na području grada. Insekatska komponenta čini 45% zajednice, pri čemu je zastupljenost i raznovrsnost Ephemeroptera (10 taksona) i Trichoptera (4 taksona) znatno veća nego na ostalim istraživanim lokalitetima. Zabeleženo je i prisustvo jedne vrste iz reda Plecoptera, čije prisustvo nije zabeleženo u ostalim analiziranim tokovima na području grada. Na lokalitetu Obrenovac uočava se odsustvo Plecoptera, Trichoptera i Turbellaria, dok je udeo Oligochaeta u zajednici udvostručen. U svojim radovima Marković *et al.* (1997) i Miljanović (2001), takođe navode veliku zastupljenost i raznovrsnost insekatske

komponente u Kolubari i njenim pritokama. Ovi autori takođe navode da nizvodno dolazi do smanjenja diverziteta, a da je distribucija Plecoptera i Turbellaria ograničena na gornje delove toka koji su pod manjim antropogenim pritiskom, što je u skladu sa našim nalazom. Miljanović (2001) to objašnjava većim zahtevima za kiseonikom vrsta iz ovih grupa, a generalno smanjenje diverziteta i povećanje gustine zajednice nizvodno kao posledicu upliva efluenata. Odsustvo predatora iz klase Turbellaria (*Dugesia lugubris*, *D. tigrina* i *Planaria torva*) na lokalitetu Obrenovac može se objasniti i povećanom količinom suspendovanih materija, koje kako Rusanov *et al.* (1990) navode, predstavljaju problem predatorima jer smanjuju providnost vode, što opet smanjuje primarnu produkciju, a samim tim i broj vrsta koje se hrane primarnim producentima, što na kraju dovodi do smanjene količine hrane za predatore. U donjem toku Kolubare, na lokalitetu Obrenovac, pogoršanje uslova na staništu dovelo je do eliminacije najosetljivijih članova zajednice i smanjenja broja grupa. Tolerantne vrste dostižu veliku brojnost, što za posledicu ima stvaranje uniformne zajednice sa dominacijom oligoheta, odnosno vrsta iz familije Tubificidae.

Prema ekološkoj klasifikaciji taksona, u odnosu na saprobnju valencu (Moog 2002), uočava se da je u oba perioda istraživanja ovog vodotoka (1996-2000 i 2007-2011 godina) najveći broj zabeleženih taksona iz grupe poli- i  $\alpha$ -mezosaprobni organizama na lokalitetu Obrenovac, dok je broj oligo- i  $\beta$ -mezosaprobni vrsta nešto veći na lokalitetu Čelije, s tim da za više od 40% zabeleženih vrsta na ovom lokalitetu nema podataka o saprobnjoj valenci.

Vrednosti kiseoničnih parametara ukazuju da je kiseonični režim bolji uzvodno, na lokalitetu Čelije, što je i očekivano, s obzirom da je u ovom delu toka podloga kamenita, manji je uspor i nije registrovano prisustvo većih zagađivača. Povećane vrednosti nitrita, na oba istraživana lokaliteta, ukazuju na difuzno zagađenje u srednjem i donjem toku Kolubare. Visoka koncentracija organskog ugljenika zabeležena je u većini uzoraka na lokalitetu Obrenovac. Sa druge strane samo u jednom uzorku na lokalitetu Čelije konstatovana je izuzetno velika koncentracija organskog ugljenika. Povećana vrednost BPK<sub>5</sub> zabeležena je na lokalitetu Obrenovac, što je i očekivano zbog izlivanja otpadnih voda. Miljanović (2001) takođe navodi povećanu biohemijsku aktivnost na profilima nizvodno od upliva efluenata bogatih organskom materijom,

odnosno na lokalitetima neposredno pre uliva reke Gradac u Kolubaru i na lokalitetu kod Bele stene nizvodno od Valjeva.

Na osnovu rezultata multivarijantne analize, uočava se da najveći stepen varijabilnosti u sastavu i strukturi zajednice objašnjava hemijski sastav sedimenta (opisuje 61,80% varijabilnosti u zajednici). S obzirom na izrazito loš kvalitet sedimenta na lokalitetu Obrenovac ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012 ), zabeležena zajednica se karakteriše prisustvom vrsta tolerantnih na prisustvo teških i toksičnih metala u sedimentu. Oligohete *Limnodrilus hoffmeisteri*, *L. profundicola*, *Branchiura sowerbyi* i hironomide *Chironomus riparius*, *Polypedilum nubeculosum* i *Procladius* sp. pozitivno su korelisane sa koncentracijom Cd, Cu, i Hg u sedimentu na lokalitetu Obrenovac. Ove vrste se u literaturi navode kao visoko tolerantne, a sposobnost bioakumulacije teških i toksičnih metala srazmerna je koncentraciji metala u okruženju, vodi i/ili sedimentu (de Haas 2004, Arslan *et al.* 2010). Veliki stepen toletrancije oligoheta na prisustvo metala potvrđuje i Šundić (2012) u svom istraživanju, i navodi da nema značajnih razlika u strukturi zajednice oligoheta na lokalitetima na kojima je utvrđena povećana koncentracija teških metala u sedimentu u odnosu na ostale lokalitete.

Nešto manju varijabilnost u zajednici objašnjava hemijski sastav vode, pri čemu 55,83% varijabilnosti u zajednici opisuju vrednosti parametara zabeleženih u trenutku uzimanja faune, a najmanji stepen varijabilnosti objašnjavaju prosečne vrednosti analiziranih parametara (51,29%). Za razliku od tipa 1 vodotoka koji su veliki i stabilni sistemi, Kolubara ima bujični karakter i zavisi od količine padavina. Najveći uticaj na zajednice makrobeskičmenjaka u trenutku uzorkovanja imaju faktori koji najviše variraju (potrošnja kiseonika i količina nutrijenata), dok posmatrano na duži vremenski period (tromesečni prosek), elektroprovodljivost vode, koja je relativno stabilan parametar, ima najveći uticaj na zajednicu.

Analizom zajednica makrobeskičmenjaka Topčiderske i Železničke reke na području Beograda zabeleženo je 25, odnosno 36 taksona. U Topčiderskoj reci zastupljenost oligoheta u zajednici bila je 65%, a hironomida 33%, dok je u Železničkoj reci udeo hironomida iznosio 71%, a oligoheta 24%. Udeo vrsta Trichoptera i Ephemeroptera u zajednici akvatičnih beskičmenjaka bio je minimalan. U Železnikoj

reci ove grupe su činile 0,03%, odnosno 0,7% zajednice, dok u Topčiderskoj reci nisu zabeležene. Ovakav nalaz može se objasniti intenzivnim antropogenim uticajem i činjenicom da je našim istaživanjima obuhvaćen donji deo ovih vodotoka.

Prema ekološkoj klasifikaciji taksona, u odnosu na saprobnu valencu (Moog 2002), 26,80% je okarakterisano kao  $\alpha$ -mezosaprobno, 22,23%  $\beta$ -mezosaprobno, dok je 24,59% zabeleženih taksona u fauni dna Topčiderske reke iz grupe polisaprobni organizama. Ovi rezultati su slični sa rezultatima iz prethodnog perioda istraživanja, kada je zabeleženo 23% taksona koji pripadaju  $\alpha$ -mezosaprobnoj, 12,49%  $\beta$ -mezosaprobnoj i 25,93% polisaprobnoj grupi organizama. U oba perioda istraživanja za više od 20% taksona nije bilo dovoljno podataka o klasifikaciji u odnosu na saprobiološku toleranciju.

U Železničkoj reci se uočava smanjenje broja polisaprobni taksona za čak tri puta u odnosu na prethodni period istraživanja (1996-2000. godina), i povećanje broja taksona koji pripadaju  $\beta$ -mezosaprobnoj grupi organizama. U fauni dna Železničke reke uočava se i promena u sastavu i strukturi zajednice s obzirom na veliki udeo oligoheta u zajednici u prethodnom periodu istraživanja, kada je udeo oligoheta u zajednici iznosio 90,23%, sada je kao vodeća, zabeležena grupa hironomida sa 71,29% udela u zajednici. Uočava se i povećanje učešća strugača u zajednici sa 1,45% na 36%. Ovakvu promenu faune dna je moguće objasniti intenzivnim promenama u samom rečnom koritu (izgradnja kišnog kolektora i čišćenje betonskog dna) kao i promenama u direktnim zagađivačima (modernizacija fabrike "Lola" i prestanak rada mnogih preduzeća u slivu).

U svom istraživanju Vermonden (2010) navodi da sediment ne utiče direktno na zajednice akvatičnih beskičmenjaka u urbanizovanim rečnim sistemima, jer većina zabeleženih vrsta živi u vodenom sloju, ali da je indirektno veoma značajan jer uticajem na razvoj vegetacije utiče na zajednice makrobeskičmenjaka. S druge strane, Srovátka *et al.* (2009) nalaze da su karakteristike sedimenta jedan od ključnih faktora za distribuciju hironomida, a slično navode i Principe *et al.* (2008). S obzirom na činjenicu da su uzorci iz Topčiderske i Železničke reke prikuljeni sa betonskog dna, odnosno sa nataloženog sedimenta i perifitona i da je kvalitet sedimenta izuzetno loš ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012), ne iznenađuje to što se na osnovu rezultata multivarijantne analize uočava da najveći stepen varijabilnosti u sastavu i strukturi zajednice objašnjava

hemijski sastav sedimenta (opisuje 99,75% varijabilnosti u zajednici). Ove zajednice se odlikuju prisustvom vrsta tolerantnih na prisustvo organskih polutanata, kao i teških i toksičnih metala u sedimentu. Prisustvo vrste *Asellus aquaticus* zabeleženo je u Železničkoj reci gde je pozitivno korelisano sa prisustvom organskog polutanta u sedimentu. Ova vrsta se smatra pogodnom za testove toksičnosti sedimenta jer je u stalnom kontaktu sa njim, po tipu ishrane pripada grupi sekača tj. hrani se kidanjem detritusa i perifitona, i ima sposobnost akumulacije PAH iz sedimenta, dok u odsustvu sedimenta pokazuje sposobnost da akumulira Cd iz vode i/ili hrane (De Lange *et al.* 2005). Sličnu sposobnost akumulacije organskih polutanata i metala pokazuju i hironomide koje žive u sedimentu i hrane se detritusom i imaju sposobnost adaptacije na teške i toksične metale (Reinhold *et al.* 1999, Ristola 2000). U našem istraživanju zabeležena je pozitivna korelacija vrsta *Cricotopus tremulus*, *Chironomus riparius*, *Cladotanytarsus mancus*, *Nais barbata* i *Dero digitata* sa koncentracijom Cd u sedimentu. Sa druge strane, nešto manju varijabilnost u zajednici objašnjava hemijski sastav vode, pri čemu 63,36% varijabilnosti u zajednici opisuje vrednosti parametara zabeleženih u trenutku uzimanja faune, a najmanji stepen varijabilnosti objašnjavaju prosečne vrednosti analiziranih parametara (59%), što je slično rezultatima zabeleženim u tipu 2 vodotoka koji takođe ima bujični karakter i zavisi od količine padavina. Najveći uticaj na zajednice makrobescičmenjaka u trenutku uzorkovanja imaju faktori koji najviše variraju (kiseonični režim i količina nutrijenata), dok posmatrano na duži vremenski period (tromesečni proseki), pored ovih parametara na zajednicu Topčiderske reke značajan uticaj pokazuje i količina TOC.

Porast broja stanovnika uslovljava stalan porast potrebe za korišćenjem i upravljanjem slatkovodnim ekosistemima. Prekomerno crpljenje vode, fragmentacija staništa, izgradnja brana i akumulacija, industrija, poljoprivreda i kanalisanje vodotoka, glavni su razlozi koji su doveli do izrazitog gubitka staništa i smanjenja broja vrsta u slatkovodnim ekosistemima (Allan & Flecker 1993, Paul & Meyer 2001, Walsh *et al.* 2005, Strayer 2006). Uz uništavanje i fragmentaciju staništa, invazivne vrste smatraju se jednim od glavnih uzroka gubitka biološke raznovrsnosti, a njihovo širenje doprinosi degradaciji slatkovodnih ekosistema (Pyšek & Rhicardson 2010, Zorić *et al.* 2010).

Alohtone vrste u novom staništu često nemaju prirodne neprijatelje koji bi ograničavali njihovu reprodukciju i širenje tako da neke od njih vremenom počinju da ugrožavaju autohtonu faunu, odnosno postaju invazivne (Zorić *et al.* 2010). Dunav i njegove pritoke odlikuju se prisustvom većeg broja introdukovanih vrsta koje često imaju i veliko učešće u bentosnim zajednicama ovih reka (Zorić *et al.* 2010, Raković *et al.* 2013). U istraživanim rekama na području Beograda zabeleženo je prisustvo 11 introdukovanih vrsta – *Hypania invalida*, *Dugesia tigrina*, *Branchiura sowerbyi*, *Lithoglyphus naticoides*, *Theodoxus fluviatilis*, *Dreissena polymorpha*, *D. rostriformis bugensis*, *Corbicula fluminea*, *Sinanodonta woodiana*, *Corophium curvispinum* i *Jaera istri*. Najveći broj introdukovanih vrsta ima ponto-kaspijsko poreklo, dok je manji broj vrsta istočnoazijskog porekla (*C. fluminea* i *S. woodiana*). Osnovna karakteristika ponto-kaspijskih vrsta jesu eurivalentnost, dobra podnošljivost brojnih promena u ekosistemu, prilagođenost na različite načine ishrane, kao i dobra podnošljivost uslova hipoksije (Bij de Vaate *et al.* 2002). Prisustvo novih vrsta povećava raznovrsnost faune, ali invazivne vrste menjaju strukturu i funkcionisanje zajednice, deluju destruktivno i na stanište i na autohtone vrste (Humpesch & Fesl 2005). Tokom ovog istraživanja zabeleženo je prisustvo vrste *Dugesia tigrina* u Savi i Kolubari, što predstavlja prvi nalaz ove vrste u vodama Srbije. *D. tigrina* je u delu toka Save kroz Hrvatsku zabeležena 2011. godine (Paunović *et al.* 2012). Prisustvo ove vrste u Dunavu zabeleženo je u Rumuniji (934 – 375,5 rkm) (ICPDR – JDS2 [www.icpdr.org](http://www.icpdr.org)) i Austriji (Humpesch & Fesl 2005), dok je u Mađarskoj zabeležena u plavnom podričju Dunava (Fülep & Nosek 2010). *D. tigrina* je introdukovana vrsta poreklom iz Severne Amerike, predator je, bespolno se razmnožava i koegzistira sa drugim vrstama Turbellaria zahvaljujući svojoj sposobnosti da se prilagodi na ishranu dominantnim plenom (van der Velde 1975). U Kolubari je zabeleženo prisustvo još 5 introdukovanih vrsta koje su takođe bile prisutne u Dunavu i Savi (*B. sowerbyi*, *L. naticoides*, *T. fluviatilis*, *C. fluminea* i *C. curvispinum*). Keller *et al.* (2011) ističu u svojoj studiji da se prilikom proučavanja invazivnih vrsta u vodenim ekosistemima istraživanja često fokusiraju na ekonomski značajne i "vidljive" vrste, a da se masovno zanemaruju invazivne populacije grupa koje se smatraju komplikovanim u pogledu identifikacije vrsta, kakve su npr. hironomide, i da bi i njih trebalo uzeti u razmatranje.

Hironomide tekućih voda u holarkičkoj oblasti pokazuju tipičnu sukcesiju potporodica duž rečnog toka (Pinder 1995). Ovaj autor navodi da se u nizijskim rekama visoko procentualno učešće potporodice Orthocladiinae postepeno smanjuje i čini 30-40%, dok učešće potporodice Chironominae (odnosno tribusa Chironomini) raste do otprilike istog nivoa. Samo nekoliko vrsta iz potporodice Diamesinae javlja se u ovom tipu voda. Relativna abundanca Tanypodinae varira od nekoliko procenata do 15%, ali kako Pinder (1995) navodi, bez vidljive korelacije sa zoniranošću reke. Slične rezultate navodi i Milošević (2013) koji u slivu Južne Morave nalazi da su u gornjem delu toka Orthocladiinae dominantne sa 71% udela u zajednici, dok su u donjem delu toka dominantne vrste iz potporodice Chironominae. Faktori koji utiču na ovu raspodelu jesu temperatura vode i režim protoka, koji takođe utiču i na dostupnost hrane kao i na supstrat (Punti *et al.* 2009). U toku našeg istraživanja zabeleženo je 34 taksona iz porodice Chironomidae u tri tipa vodotoka na području Beograda, dok je Milošević (2013) tokom istraživanja sliva Južne Morave zabeležio 111 taksona iz ove porodice. Ovi nalazi su u skladu sa navodima Pindera (1995) da bogatstvo vrsta dostiže maksimum u nižim planinskim rekama i opada u nizijskim rekama. Najveći procentualni udeo vrsta iz potporodice Chironominae zabeležen je u tipu 1 vodotoka, što je u skladu sa sukcesijom potporodica duž rečnog toka (Pinder 1995), međutim vrste iz ove potporodice bile su dominantne i u Kolubari (tip 2) i u Topčiderskoj reci (tip 3), što je u vezi sa lošim uslovima na staništu (loš kvalitet vode i/ili sedimenta). Većina vrsta iz potporodice Chironominae poseduje hemoglobin u krvi (Cranston 1988), što im omogućava konstantno uzimanje kiseonika uprkos smanjenju koncentracije kiseonika u okruženju. Zbog toga Chironominae mogu da dominiraju u zajednici hironomida (često i u čitavoj fauni dna), na staništima sa promenljivom koncentracijom kiseonika. Vrste roda *Chironomus* naročito su sposobne da prežive periode veoma niske koncentracije kiseonika i dominantne su u rekama u kojima ima puno organskog zagađenja. U sva tri tipa istraživanih vodotoka u odnosu na saprobnu valencu (Moog 2002), najveći broj vrsta hironomida pripada  $\alpha$ - i  $\beta$ -mezosaprobnoj grupi organizama, dok je udeo oligo- i polisaprobni vrsta manji. Dominantne vrste u zajednici hironomida u tipu 1 vodotoka (*Polypedilum scalaenum*, *Einfeldia pagana*, *Chironomus riparius* i *Ch. gr. plumosus*) jesu pelofilne i karakteristične su za rečni potamal. U tipu 2 vodotoka, na lokalitetu koji je pod većim antropogenim pritiskom,

dominantne su *Procladius* sp., *C. riparius* i *Polypedilum scalaenum*, vrste koje se u literaturi navode kao tolerantne na polutante (Armitage *et al.* 1995), dok u tipu 3 vodotoka dominiraju vrste iz rodova *Chironomus* i *Cricotopus*. Vrste *Chironomus riparius*, *Ch. gr. plumosus*, *Procladius* sp. i *Cricotopus sylvestris* zajedničke su za sva tri tipa vodotoka.

Rezultati našeg istraživanja pokazuju da postoji jaka veza između zajednice hironomida i karakteristika sedimenta, pri čemu se uočava izdvajanje dve grupe hironomida. Prvu grupu čine vrste *Eukiefferiela claripennis*, *Ch. gr. plumosus*, *Cricotopus sylvestris*, *C. bicinctus*, *Virgatanytarsus arduennensis* i *Orthocladius* sp. koje su tolerantne na prisustvo metala (Zn i Pb) u sedimentu Železničke reke. Sličnu tolerantnost hironomida na prisustvo Zn, Pb i Cr u sedimentu nalaze i Michailova *et al.* (2011). Ovi autori navode da teški metali ne utiču na diverzitet vrsta ali da je genom hironomida veoma osetljiv na prisustvo metala, i da su inverzije, delecije i zadebljanja u njihovim politenim hromozomima veoma dobri indikatori zagađenja. S obzirom na jednostavnost detekcije ovih promena, Michailova *et al.* (2011) predlažu da se ovi testovi toksičnosti uključe u monitoring programe. Drugu grupu čine *Demicryptochironomus vulneratus*, *Tanypus* sp., *Cryptotendipes* sp. i *Parachironomus* sp. koje su tolerantne na prisustvo perzistentnih organskih polutanata u sedimentu. Jaagumagi (1994) navodi da je faktor bioakumulacije jedinjenja iz grupe PAH – benzo(a)pirena i benzo antracena, u akvatičnim organizmima generalno visok. Ako pogledamo vrednosti koje je zabeležio, uočavamo da *Parachironomus* sp. i *Tanypus* sp. imaju niži faktor akumulacije ovih jedinjenja nego *Cryptotendipes* sp. i *Demicryptochironomus* sp., što je u skladu sa njihovim načinom ishrane, jer su *Parachironomus* sp. i *Tanypus* sp. predatori, a *Cryptotendipes* sp. i *Demicryptochironomus* sp. kolektori. Interesantan nalaz navode Reinhold *et al.* (1999) koji, proučavajući uticaj polutanata iz sedimenta na slepe miševе i insektivorne ptice, nalaze veću koncentraciju PAH u adultima hironomida nego u larvama. Na ovaj način se PAH iz sedimenta prenosi i u kopnene lance ishrane, iz čega se može zaključiti da je praćenje stanja sedimneta u vodotocima bitnije nego što se ranije smatralo.

Kao najznačajniji faktori koji utiču na distribuciju hironomida u sva tri tipa vodotoka na području grada izdvajaju se nutrijenti (NH<sub>3</sub> i NO<sub>2</sub>) i kiseonični parametri, dok u velikim rekama distribuciji značajno doprinosi i providnost vode. Vermonden



(2010) navodi da su, pored karakteristika podloge, ključni faktori za distribuciju hironomida u urbanim vodenim sistemima i koncentracija nitrata, fosfata, elektroprovodljivost i providnost vode. Ovi faktori odražavaju stepen antropogenog uticaja na vodotok i utiču na rast algi i *Lemna* sp., što povećava količinu organske materije kojom se hironomide hrane. Na zajednicu hironomida providnost vode takođe ima indirektan uticaj, jer veća providnost vode stimuliše razvoj submerzne vegetacije koja predstavlja izvor hrane i stanište velikom broju vrsta. Sa druge strane, velika organska produkcija dovodi do smanjenja kiseonika u vodi na šta je veliki broj vrsta adaptiran time što poseduju hemoglobin i/ili žive u kućicama koje im olakšavaju disanje i ishranu (Harshey 1987).

Pored karakteristika podloge i prisustva polutanata u vodi koji utiču na distribuciju hironomida, veliki broj autora ističe i značaj vremenske dimenzije, odnosno sezonskog obrasca u distribuciji (Rossaro *et al.* 2006, Principe *et al.* 2008, Marziali *et al.* 2009, Milošević 2013, Savić 2012). Ovi autori uglavnom proučavaju zajednice brdsko planinskih reka i/ili staništa koja su pod manjim antropogenim pritiskom. Savić (2012) navodi da, na osnovu analize sezonske dinamike, diverzitet u svim sezonama zavisi od koncentracije nutrijenata (što je koncentracija manja, diverzitet je veći) i od koncentracije kiseonika. Chaib *et al.* (2013) navode da, ukoliko postoji snažan sezonski uticaj na zajednicu, on može da prikrije antropogeni uticaj na akvatične sisteme. Zbog toga je neophodno prikazati uticaj prirodnih faktora kao što su sezonska i prostorna (longitudinalna) varijabilnost kako bi se nesmetano pratio antropogeni uticaj (Chaib *et al.* 2013). Milošević (2013) predlaže isključivanje zimske sezone, odnosno visokih voda, jer je to period kada se značajno menja struktura zajednice i javljaju se retke vrste sa malom učestalošću, što zajednicu hironomida u tom periodu čini neupotrebljivom u monitoring programima. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da nema statistički značajne razlike u sastavu i strukturi zajednice akvatičnih beskičmenjaka, kao ni hironomida, u periodu visokih i niskih voda. Ovakva pojava može se objasniti prisustvom velikog broja vrsta sa većim brojem generacija koje se preklapaju i malim udelom taksona iz grupe Ephemeroptera, Trichoptera i Plecoptera. Takođe, veliki uticaj ima i konstantan upliv nutrijenata, tj. veoma veliki antropogeni uticaj.

Analiza indeksa diverziteta akvatičnih beskičmenjaka u tri tipa tekućih voda na području Beograda pokazala je da su najveće vrednosti zabeležene na lokalitetu Čelije. Ovakav rezultat je u skladu sa činjenicom da je diverzitet u korelaciji sa uslovima na staništu. Naime, ovaj lokalitet je pod najmanjim antropogenim pritiskom usled čega se i odlikuje najvećim diverzitetom, što je u skladu sa istraživanjima u drugim vodotokovima (Rosenberg & Resh 1993, Miljanović 2001), kojima je utvrđeno da promene ekoloških uslova na staništu izazvane antropogenim pritiskom dovode do smanjenja diverziteta i broja autohtonih vrsta, a povećanja abundance tolerantnih vrsta.

## **6. ZAKLJUČAK**

Istraživanje akvatičnih makrobeskičmenjaka tekućih voda u uslovima visokog antropogenog stresa predstavlja doprinos poznavanju ove grupe organizama, ekoloških karakteristika većeg broja vrsta, kao i njihovoj reakciji na različite tipove i intenzitet stresnih faktora u okruženju.

Na osnovu broja zabeleženih taksona u potamonu reka tipa 1 na području Beograda (63 taksona Dunav i 43 Sava), kao i u tipu 2 (78 taksona Kolubara) i u tipu 3 vodotoka (25 u Topčiderskoj i 36 taksona u Železničkoj reci), nalazimo znatno manju raznovrsnost u odnosu na brdsko-planinske vodotoke. I pored visokog nivoa antropogenog pritiska (pre svega organskog zagađenja, hidro-morfološke degradacije i uticaja intenzivne poljoprivredne proizvodnje), ove reke su u izvesnoj meri zadržale biotope koji pružaju uslove za razvoj raznovrsne faune beskičmenjaka.

Poznavanje rasprostranjenja rečnih organizama i staništa koja preferiraju od fundamentalnog je značaja za procenu mogućih efekata antropogenog uticaja na rečni ekosistem, pri čemu ističemo značaj kontinuiranih limnoloških istraživanja zajednica akvatičnih makrobeskičmenjaka.

Na osnovu svih zabeleženih rezultata može se zaključiti da su vodotoci tipa 3 na teritoriji grada Beograda pod najvećim antropogenim pritiskom. Sastav životnih zajednica akvatičnih makrobeskičmenjaka u ovom tipu vodotoka (zajedno sa fizičkim i hemijskim parametrima vode i sedimenta) ukazuje na neophodnost hitnog smanjenja upliva polutanata.

Opštu procenu ekološkog statusa velikih reka, kao što su Dunav i Sava, veoma je teško dati zbog velikog nesklada, kako u biološkim, tako i u hemijskim parametrima procene kvaliteta vode i sedimenta. Korišćenjem ovih parametara onako kako su definisani (Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda), vodotok bi se s jedne strane svrstao u II klasu ekološkog statusa, a s druge strane u V klasu. Kako se procena opšteg statusa donosi na osnovu najlošijeg zabeleženog ekološkog statusa, procena je u najmanju ruku nerealna, tako da su neophodne promene i dopune u trenutno važećim pravilnicima i direktivama. Pored toga, poznato je i da za veliki broj

taksona nema dovoljno autekoloških podataka, što u velikoj meri utiče na procenu ekološkog statusa, tako da se ističe neophodnost proširenja indikatorske liste.

Na osnovu rezultata multivarijantne analize utvrđeno je da karakterističnoj distribuciji vrsta u sva tri tipa istraživanih vodotoka u najvećoj meri doprinosi hemijski sastav sedimenta na sastav i strukturu zajednice akvatičnih beskičmenjaka. Kako su analize hemijskog sastava sedimenta standardne prilikom procene ekološkog statusa voda, neophodno je u budućim istraživanjima analizirati njegov uticaj na životne zajednice akvatičnih makrobeskičmenjaka.

Fizički i hemijski parametri vode takođe u velikoj meri utiču na zajednice akvatičnih beskičmenjaka, s tim što se uočava da je u velikim rekama bolje pratiti njihov višemesečni uticaj na zajednice akvatičnih beskičmenjaka. U manjim vodotocima bujičnog karaktera, trenutno izmerene vrednosti pokazuju veći uticaj na zajednice usled velikih variranja parametara u kratkom vremenskom periodu.

Nakon tridesetogodišnje pauze u istraživanjima fokusiranim na porodicu Chironomidae u Srbiji, istraživanja su poslednjih godina intenzivirana, međutim one i dalje predstavljaju zapostavljenu grupu u limnološkim istraživanjima u Srbiji. Ova studija predstavlja prva detaljna istraživanja zajednice hironomida velikih reka (Sava i Dunav), a takođe su u ovoj studiji prvi put analizirane zajednice hironomida Topčiderske i Železničke reke, odnosno manjih tokova na području grada. S obzirom na nedostatak istraživanja vodotoka na području velikih gradova, rezultati ovih istraživanja predstavljaju značajan doprinos poznavanju faune i ekologije vrsta hironomida u urbanim vodenim sistema.

U toku istraživanja zabeleženo je 34 vrste iz porodice Chironomidae pri čemu je najveći broj vrsta iz potporodice Chironominae. Prisustvo vrsta *Chironomus riparius*, *Ch. gr. plumosus*, *Cricotopus sylvestris* i *Procladius* sp. zabeleženo je u sva tri tipa analiziranih vodotoka, na lokalitetima koji su pod različitim antropogenim pritiskom, što ukazuje na njihovu eurivalentnost. S druge strane, sve pomenute vrste imaju visoke

saprobne valence i mogu doprineti pogrešnoj proceni ekološkog statusa, zbog čega je neophodno pratiti sinergističko dejstvo abiotičkih i biotičkih faktora.

Hironomide su dominantna grupa u narušenim vodenim ekosistemima i predstavljaju veoma važnu komponentu u proceni ekološkog statusa ovakvih vodotoka. Naročito su značajne u urbanim sredinama i nikako ne smeju biti isključivane iz sistema procene, što je u prošlosti često bio slučaj.

Uvođenje standarda u oblasti zaštite životne sredine, ali i smanjenje industrijske proizvodnje u poslednjih deset godina, doprineli su blagom poboljšanju kvaliteta vode na području grada Beograda.

## **7. LITERATURA**

- Allan J. D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters.* - Chapman & Hall, London, 1 - 388.
- Allan J., Flecker S. 1993. Biodiversity conservation in running waters. Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *Bioscience* 43, 32-43.
- APHA-AWWA-WEF 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* – 19<sup>th</sup> ed., Eaton D., Clesceri S, Greenberg E., American Public Health Association, Washington, DC.
- AQEM 2002. *Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive.*
- Armitage P., Cranston S., Pinder V. 1995. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges.* Chapman and Hall, London. 538 pp.
- Arslan N., Koc B., Cicek A. 2010. Metal Contents in Water, Sediment and Oligochaeta-Chironomidae of Lake Uluabat, a Ramsar Site of Turkey. *The Scientific World Journal* 10, 1269-1281.
- Ashe P., Cranston S. 1990. Chironomidae. In: Soos A. & Papp L. (eds), *Catalogue of Palaearctic Diptera.* Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 113–355.
- Ashe P., Murray D., Reiss F. 1987. The zoogeographical distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera). *Annals of Limnology* 23, 27-60.
- Atanacković A., Šporka F., Csanyi B., Vasiljević B., Tomović J., Paunović M. 2013. Oligochaeta of the Danube River - a faunistical review. *Biologia* 68(2), 269-277.
- Bakanov A. 1988. The benthos of the channel parts of the Volga reservoirs. *Biology of Inland Waters. Information Bulletin* 79, (In Russian).
- Bakanov A. 2003. The contemporary state of the benthos in the Upper Volga within the Yaroslavl Region. *Biology of Inland Waters*1 (In Russian).
- Baračkov Z. 1973. *Ekološka proučavanja naselja dna Grošničke reke.* Magistarski rad. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu. 1-100.
- Barbour T., Gerritsen J., Snyder D., Stribling B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish.* Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington D.C.
- Beisel J.; Philippe V., Sandra T. 1998. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia* 389, 73-88.



- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars M., Gollasch S., van der Velde G., 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1159-1174.
- Bode W., Novak A., Abele E. 1996. Quality assurance work plan for biological stream monitoring in New York State. NYS Department of Environmental Conservation, Albany, NY. 89 pp.
- Bole J. 1969. Ključi za določevanje živali. IV. Mehkužci – Mollusca. Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani. Društvo biologov Slovenije. Ljubljana, 1-115.
- Boon P. 1988. The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. *Regulated Rivers Research and Management* 2, 389-409.
- Brinkhurst R., Jamieson B. 1971. *Aquatic Oligochaeta of the World*. 1<sup>st</sup> ed. University of Toronto Press, Toronto, 1-860.
- Brooks A., Haeusler T., Reinfelds I., Williams S. 2005. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. *Freshwater Biology* 50, 331-344.
- Brown B. 2003. Spatial heterogeneity reduces temporal variability in stream insect communities. *Ecological Letters* 6, 316–325.
- Burt J., McKee M., Hart R., Kauss B. 1991. Effects of pollution on benthic invertebrate communities of the St. Marys River, 1985. *Hydrobiologia* 219(1), 63-81.
- Butler G. 1982. A 7-year life cycle for two *Chironomus* species in arctic Alaskan tundra ponds (Diptera: Chironomidae) *Canadian Journal of Zoology* 60, 58-70.
- Caissie D. 2006. The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology* 51, 1389–1406.
- Chaib N., Bouhala Z., Fouzari L., Marziali L., Samraoui B., Rossaro B. 2013. Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the Seybouse wadi, North-Eastern Algeria. *Journal of Limnology* 72(2), 203-214.
- Chapman D. 1997. *Water Quality Assessments, A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, 2<sup>nd</sup> ed., Chapman & Hall, London. 609 pp.
- Chatzinikolaou Y., Dakos V., Lazaridou D. 2006. Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in a large transboundary Mediterranean river during the low flow period. *Acta hydrochimica et Hydrobiologica* 34, 453- 463.
- Cranston S. 1988. Allergens of non-biting midges (Diptera: Chironomidae): a systematic survey of chironomid haemoglobins. *Medical and Veterinary Entomology* 2, 117-127.

Cranston S. 1995. Biogeography, Chapter 4 in Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges (eds Armitage P., Cranston S., Pinder L.), Chapman and Hall, London, 62-84.

Csányi B., Paunović M. 2006. The Aquatic Macroinvertebrate Community of the River Danube between Klostenburg (1942 rkm) and Calafat - Vidin (795 rkm). *Acta Biologica Debrecina Oecologica Hungarica* 14, 91-106.

Culp J., Walde J., Davies R. 1983. Relative importance of substratum particle size and detritus to stream benthic macroinvertebrate microdistribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40, 1568–1574.

Čerba D., Mihaljević Z., Vidaković J. 2010. Colonisation of temporary macrophyte substratum by midges (Chironomidae: Diptera). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 43(3), 181-190.

Čerba D., Mihaljević Z., Vidaković J. 2011. Colonisation trends, community and trophic structure of chironomid larvae (Chironomidae: Diptera) in a temporal phytoplankton assemblage. *Fundamental and Applied Limnology - Archiv für Hydrobiologie* 179(3), 203-214.

De Haas E. 2004. Persistence of benthic invertebrates in polluted sediments. PhD thesis. 1-136.

De Jong Y.S.D.M. 2013. Fauna Europaea version 2.6. Web Service available online at <http://www.faunaeur.org>

De Lange H., De Haas E., Maas H., Peeters E. 2005. Contaminated sediments and bioassay responses of three macroinvertebrates, the midge larva *Chironomus riparius*, the water louse *Asellus aquaticus* and the mayfly nymph *Ephoron virgo*. *Chemosphere* 61, 1700–1709.

Đikanović V. 2007. Faunistička studija makroinvertebrata Golijske Moravice. Magistarski rad. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu. 1-106.

Edington J., Hildrew A. 1995. A revised key to the caseless caddis larvae of the British isles (with notes on their ecology), Freshwater Biological Association, Scientific publication 53, Ambleside, 1-173.

Eedy R., Giberson D. 2007. Macroinvertebrate distribution in a reach of a north temperate eastern Canadian river: Relative importance of detritus, substrate and flow. *Fundamental and Applied Limnology, Archiv für Hydrobiologie*, 169(2), 101-114.

Elliot J., Humpesch U., Macan T. 1988. Larvae of the British Ephemeroptera: A Key with Ecological Notes. Freshwater Biological Association, Scientific Publication 49, Ambleside, 1-145.

Epler J. 2001. Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001-SP13. North Carolina Department

of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL. 1-526.

Ferrington C. 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta – Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1), 447-455.

Fesl C. 2002. Biodiversity and resource use of larval chironomids in relation to environmental factors in a large river. *Freshwater Biology* 47, 1065-1087.

Filipović D. 1965. Dinamika i ekologija ekosistema Lisinskog potoka na Kopaoniku. Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-101.

Fittkau J., Reiss F. 1978. Chironomidae. – in: Illies J. (Ed.): *Limnofauna Europaea. A Checklist of the Animals Inhabiting European Inland Waters with Accounts of their Distribution and Ecology (except Protozoa).* – G. Fischer Verl., Stuttgart/New York, Swets & Zeitlinger B.V., Amsterdam, 404 – 440.

Friberg N., Skriver J., Larsen S., Pedersen M., Buffagni A. 2010. Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication. *Freshwater Biology* 55, 1405–1419.

Georg W., Orendt C., Höss S., Großschartner M., Adámek Z., Jurajda P., Traunspurger W., de Deckere E., van Liefferinge C. 2010. The macroinvertebrate and nematode community from soft sediments in impounded sections of the river Elbe near Pardubice, Czech Republic. *Lauterbornia* 69, 87-105.

Fülep T., Nosek J. 2010. Contribution to the macroinvertebrate fauna of the Hungarian Danube VI. Triclad (Platyhelminthes: Tricladida). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 34, 5-9.

Glöer P. 2002. Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. ConchBooks, Hackenheim, 1-327.

Glöer P., Meier-Brook C. 2003. Süßwassermollusken, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 1-134.

Hammer Ø., Harper D., Ryan P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 1-9.

Harshey E. 1987. Tubes and foraging behavior in larval Chironomidae: implications for predator avoidance. *Oecologia* 73, 236-241.

Hellawell, J.M., 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management and environmental management, Elsevier Applied Science Publisher, London. 546 pp.

Herzig, A. 1984. Zur Limnologie von Laufstauen alpiner Flüsse. *Österreichische Wasserwirtschaft* 36, 95-103.

- Humpesch U., Fesl C. 2005. Biodiversity of macrozoobenthos in a large river, the Austrian Danube, including quantitative studies in a free – flowing stretch below Vienna: a short review. *Freshwater Forum* 24, 3 – 23.
- Hynes N. 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool University Press. 555 pp.
- Horner R., Welch E., Seeley M., Jacoby J. 1990. Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorus concentration. *Freshwater Biology* 24, 215–232.
- Jaagumagi R. 1994. Development of the Ontario provincial sediment quality guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), 1-62.
- Jakovčev D. 1988. Zustand der Benthofauna der Flusses Sava im Region Belgrad. 27. Arbeitstagung der IAD, SIL, Limnologische Berichte Donau, Mamaia, Rumänien, 259-263.
- Jakovčev D. 1989. Saprobiološka analiza reke Save na osnovu faune dna u okviru beogradskog regiona, In: Meštrov M. (Ed.), *Zbornik radova, Savjetovanje "Rijeka Sava - zaštita i korišćenje voda"* JAZU, Zagreb, 442-445.
- Jakovčev D. 1991. Saprobiologische Analyse der Sava im Belgrader Gebiet Anhand der Bodenfauna. 29. Arbeitstagung der IAD, SIL, Wissenschaftliche Referate, Kiew, Ukrainien, 250-254.
- Janković M. 1966. Prilog poznavanju hironomidne faune Srbije. II. Baražno jezero kod Grošnicke. *Glasnik prirodjačkog muzeja Beograd, Ser. B* 21, 167-176.
- Janković M. 1967. Ekologiya i rasprostranenie lichinok khironomid v jugoslavskoj chasti Dunaya. (Ökologie und Verbreitung der Chironomidenlarven im jugoslawischen Donauabschnitt.) *Limnologicheskie issledovaniya. Dokl. XI. mezhdunar. Konf. limnol. Izuchen. Dunaya, Kiev*, 319-326.
- Janković M. 1969. Die Chironomiden-Biozönosen der jugoslawischen Donaustrecke. *Archiv für Hydrobiologie* 36, 61-70.
- Janković M. 1973. Die Chironomiden fauna aus dem Periphyton in der jugoslawischen Donaustrecke. *Archiv für Hydrobiologie* 44, 249-257.
- Janković M. 1974. Prilog poznavanju vodenih zajednica Obedske bare. Fauna dna. *Zbornik Radova Republičkog Zavoda za Zaštitu Prirode SR Srbije* 1(9), 238-257.
- Janković M. 1975a. Änderungen in der Chironomiden besiedlung unter dem Einfluß des Djerdap-Stausees. *Archiv für Hydrobiologie* 44, 462-479.
- Janković M. 1975b. Die Besiedlung des Periphyton mit Chironomiden-Larven im jugoslawischen Donauteil zwischen Beograd und Tekija. *Archiv für Hydrobiologie* 44, 515-524.
- Janković M. 1978. Fauna Chironomidae (Diptera, Nematocera) on Yugoslav part of Danube and its flodearegion and characteristics of communities which their larvas

organize of different domiciles. Proceedings on the Entomofauna of SR Serbia, Serbian academy of science and arts 2, 29-89.

Janković M. 1979. Ispitivanje naselja Chironomidae Peka posle zagađenja rudničkom jalovinom. Arhiv bioloških nauka 28(3-4), 153-160.

Janković M. 1981. Sastav i struktura faune Chironomidae (Diptera) donjeg toka Save. Glasnik Srpske Akademije Nauka i Umetnosti 48, 111-120.

Janković M. 1982 Novi prilog poznavanju faune dna Obedske bare. Matica Srpska 62, 137-150.

Janković M. 1985. Proučavanje hironomidne faune sliva Južne Morave. Zbornik Radova Fauni SR Srbije 3, 71-110.

Karadžić B. 2013. FLORA: A Software Package for Statistical Analysis of Ecological Data. Water Research and Management 3(1), 45-54.

Karadžić B., Marinković S. 2009. Kvantitativna ekologija. Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Beograd, 1-489.

Keller R., Geist J., Jeschke J., Kühn I. 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. Environmental Sciences Europe 23. doi:10.1186/2190-4715-23-23.

Killeen I., Aldridge D., Oliver G. 2004. Freshwater Bivalves of Britain and Ireland. FSC, AIDGAP Occasional Publication 82, 1-114.

Kolaříková K., Horecký J., Liška M., Jichová M., Tátosová J., Lapšanská N., Hořícká Z., Chvojka P., Beran L., Košel V., Matěna J., Čiamporová-Zatovičová Z., Krno I., Bulánková E., Šporka F., Kment P., Stuchlík E. 2014. Benthic macroinvertebrates along the Czech part of the Labe and lower section of the Vltava rivers from 1996–2005, with a particular focus on rare and alien species. Biologia 69(4), 508-521.

Konta S. 1997. Analiza uticaja ekoloških faktora na makrozoobentos Lomničke reke. Magistarski rad. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu. 1-99.

Koperski P. 2010. Diversity of macrobenthos in lowland streams: ecological determinants and taxonomic specificity. Journal of Limnology 69(1), 88-101.

Korniushin A. 2004. A revision of some Asian and African freshwater clams assigned to *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), with review of anatomical characters and reproductive features based on museum collections. Hydrobiologia 529, 251-270.

Lehman M., Colwell S., Garland L. 1997. Physiological profiling of indigenous aquatic microbial communities to determinate toxic effects of metals. Environmental Toxicology and Chemistry 16, 2232–2241.

Lellak J. 1980. Pakomárovití – Chironomidae, In: Rozkošný R. (Ed.) Klíč vodních larev hmyzu. (Identification key to aquatic larvae of insects), Academia Praha, 310 – 392. (In Czech)

- Leps J., Smilauer P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco*. Cambridge UK, Cambridge University Press, 1-269.
- Lindegaard C, Brodersen K, Cranston P. 1995. Distribution of Chironomidae (Diptera) in the river continuum, CSIRO Melbourne, Australia.
- Lindegaard C. 1997. Diptera Chironomidae, non-biting midges. In: Nilsson A. (Ed.), *Aquatic Insects of North Europe*, vol. 2. Apollo Books, Stenstrup, 265–294.
- Lovasz G. 2012. Water temperatures of the Danube and Tisza Rivers in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 61(4), 317-325.
- Madden C. 2010. Key to genera of larvae of Australian Chironomidae (Diptera). *Museum Victoria Science Reports* 12, 1-31.
- Mandeville S. 2002. Benthic macroinvertebrates in freshwaters – taxa tolerance values, metrics and protocols. *Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax*. 128 str.
- Marković Z. 1995. Reka Đetinja. Makrozoobentos u oceni kvaliteta vode. 1-131.
- Marković Z., Mitrović-Tutundžić V., Miljanović B. 1997. Effect of pollution on the macrozoobenthos diversity and structure in the river Obnica. *Ekologia* 32, 57-63.
- Martinović-Vitanović V., D. Jakovčev-Todorović and V. Kalafatić 2006. Qualitative study of the bottom fauna of the River Danube (R.km 1433 – 845.6), with special emphasis on the oligochaetes. – *Archiv für Hydrobiologie*, 158 (Large Rives 16), 427-452.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Martinović J., Jakovčev D. Paunović M. 1999a. Benthic fauna as an indicator of the Sava River water quality in Belgrade region, In: *Special issues of the Macedonian Ecological Society (Skopje) - Section V Ecological Monitoring*, 5 (2), 517-529.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Martinović J., Paunović M., Jakovčev D. 1999b. The Saprobiological Analysis of Benthic Communities in the Danube in Belgrade Region. - In: *Special issues of the Macedonian Ecological Society (Skopje) - Section V Ecological Monitoring*, 5(2), 504–516.
- Martinović-Vitanović V., Obradović S., Milankov V. and V. Kalafatić 2008. Bottom fauna communities of the Sava River (R.km 61.5-0.5) in Serbia. – *Archiv für Hydrobiologie*, 166 (Large Rivers 18), 209-241.
- Martinović-Vitanović V., Raković M., Popović N., Kalafatić V. 2013. Qualitative study of Mollusca communities in the Serbian Danube stretch (river km 1260–863.4). *Biologia*, 68(1), 112-130.
- Marziali L., Lencioni V., Rossaro B. 2009. The chironomids (Diptera, Chironomidae) from 108 Italian alpine springs. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 30,1467-1470.

Maschwitz E., Cook E. 2000. Revision of the Nearctic species of the genus *Polypedilum* Kieffer (Diptera: Chironomidae) in the subgenera *P. (Polypedilum)* Kieffer and *P. (Uresipedilum)* Oyewo and Saether. Bulletin of the Ohio Biological Survey, New Series, 12(3), 1-135.

Mérigoux S., Dolédec S. 2004. Hydraulic requirements of stream communities: a case study on invertebrates. Freshwater Biology 49, 600-613.

Michailova P., Szarek-Gwiazda E., Kownacki A., Warchałowska-Śliwa E. 2011. Biodiversity of Chironomidae (Diptera) and genome response to trace metals in the environment. Pestycydy/Pesticides 1(4), 41-48.

Milošević Đ. 2013. Larve familije Chironomidae (Diptera, Insecta) sliva Južne Morave i njihova primena u proceni ekološkog statusa tekućih vodenih ekosistema. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu. 1-131.

Milošević Đ., Simić V., Stojković M., Čerba D., Mančev D., Petrović A., Paunović M. 2013. Spatio-temporal pattern of the Chironomidae community: toward the use of non-biting midges in bioassessment programs. Aquatic Ecology 47(1), 37-55.

Milošević Đ., Simić V., Stojković M., Živić I. 2012. Chironomid faunal composition represented by taxonomic distinctness index reveals environmental change in a lotic system over three decades. Hydrobiologia 683(1), 69-82.

Milošević Đ., Stojković M., Čerba D., Petrović A., Paunović M., Simić V. 2014. Different aggregation approaches in the chironomid community and the threshold of acceptable information loss. Hydrobiologia 727(1), 35-50.

Miljanović B. 2001. Makrozoobentos reka Kolubare, Obnice i Jablanice. Biblioteka Academia, Zadužbina Andrejević, Beograd. 1-80.

Miljanović B. 2006. Biodiverzitet akvatičnih oligochaeta i njihova distribucija i određivanje ekoregiona u AP Vojvodini. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Univerzitet u Novom Sadu.

Miserendino M. 2009. Effects of flow regulation, basin characteristics and land-use on macroinvertebrate communities in a large arid Patagonian river. Biodiversity and Conservation 18, 1921-1943.

Moller Pillot H. 2009. Chironomidae larvae of the Netherlands and adjacent lowlands. Biology and Ecology of the Chironomini. KNNV Publishing, 1-270.

Moog O. (Ed.) 2002. Fauna Aquatica Austriaca – a comprehensive species inventory of Austrian aquatic organisms with ecological data. Second edition, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Mouthon J. 1981. Les mollusques et la pollution des eaux douces: ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces Bij Dierkd. 51, 250–258.

Nedeljković R. 1979. Zoobentos Dunava u godinama posle izgradnje brane u Đerdapu. II Kongres ekologa Jugoslavije, Zbornik radova, Zagreb, 1881-1888.

- Nilsson N. 1996a. Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup, 1-274.
- Nilsson N. 1996b. Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol 2: Odonata, Diptera. Apollo Books, Stenstrup, 1-440.
- Palmer M., Covich A., Lake S., Biro P., Brooks J., Cole J., Dahm C., Gibert J., Goedkoop W., Martens K., Verhoeven J., van de Bund W. 2000. Linkages between Aquatic Sediment Biota and Life Above Sediments as Potential Drivers of Biodiversity and Ecological Processes. *BioScience* 50(12), 1062-1075.
- Pardo I., Armitage P. 1997. Species assemblages as descriptors of mesohabitats. *Hydrobiologia* 344, 111-128.
- Parz-Gollner R., Herzig A. 2000. Ökosystemstudie Donaustau Altenwörth, Bd II.-Österreichische Akademie der Wissenschaften, Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Wien Vol. 18, 1-256.
- Paul M., Meyer J. 2001. Streams in the Urban Landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 333-65.
- Paunović M. 2001. Prostorna i sezonska dinamika makrozoobentosa reke Vlasine. Magistarski rad. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu. 1-200.
- Paunović M. 2004. Qualitative composition of the macroinvertebrate communities in the Serbian sector of the Sava River. *International Association for Danube Research* 35, 349-354.
- Paunović M., Borković S., Pavlivić S., Saičić Z., Cakić P. 2008. Results of the 2006 Sava survey – aquatic macroinvertebrates. *Archiv for Biological Science* 60, 265-270.
- Paunović M., Jakovčev-Todorović D., Simić V., Stojanović B., Cakić P. 2007. Macroinvertebrates along the Serbian section of the Danube River (stream km 1429-925). *Biologia* 62(2), 214-22.
- Paunović M., Simić V., Jakovčev-Todorović D., Stojanović B. 2005. Results on macroinvertebrate community investigation in the Danube River in the sector upstream the Iron Gate (1083-1071 km). *Archives of Biological Science* 57, 57-63.
- Paunović M., Tomović J., Kovačević S., Zorić K., Žganec K., Simić V., Atanacković A., Marković V., Krčun M., Hudina S., Lajtner J., Gottstein S., Lucić A. 2012. Macroinvertebrates of the Natural Substrate of the Sava River - Preliminary Results. *Water Research and Management* 2(4), 33-39.
- Peeters E, Gardeniers J. 1998. Logistic regression as a tool for defining habitat requirements of two common gammarids. *Freshwater Biology* 39, 605-615.
- Penczak T., Kruka A., Grzybkowska M., Dukowska M. 2006. Patterning of impoundment impact on chironomid assemblages and their environment with use of the self-organizing map (SOM). *Acta Oecologica* 30, 312-321.



- Péry R., Mons R., Garric J. 2004. Energy-based modeling to study population growth rate and production for the midge *Chironomus riparius* in ecotoxicological risk assessment. *Ecotoxicology* 13(7), 647-56.
- Pescador M., Rasmussen K., Harris C. 1995. Identification manual for the caddisfly (Trichoptera) larvae of Florida. State of Florida, Department of Environmental Protection, Division of Water Facilities, Tallahassee, 1-132.
- Pfleger V. 2000. Molluscs. The English edition, Blits Ed., 1-216.
- Phipps L., Mattson V., Ankley G. 1995. Relative sensitivity of three freshwater benthic macroinvertebrates to ten contaminants. *Archive of Environmental Contamination and toxicology* 28, 281-286.
- Pinder L. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. *Annual Review of Entomology* 31, 1-23.
- Pinder L. 1995. The habitats of chironomid larvae. In: Armitage P, Cranston P, Pinder L (Eds.), *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman and Hall, London, 107-135
- Plóciennik M., Popović N., Gadawski, P. 2012. First record of *Glyptotendipes barbipes* from Serbia. *Lauterbornia* 74, 29-32.
- Popović N., Jovanović V., Raković M., Kalafatić V., Martinović-Vitanović V. 2013. Bottom fauna qualitative study of the Danube River in Belgrade region. *Acta Zoologica Bulgarica* 65, 505-516.
- Principe R., Boccolini M., Corigliano M. 2008. Structure and Spatial-Temporal Dynamics of Chironomidae Fauna (Diptera) in Upland and Lowland Fluvial Habitats of the Chocancharava River Basin (Argentina). *International Review of Hydrobiology* 93(3), 342-357.
- Punti T, Rieradevall M, Prat N. 2009. Environmental factors, spatial variation, and specific requirements of Chironomidae in Mediterranean reference streams. *Journal of North American Benthological Society* 28, 247-265.
- Pyšek P., Richardson M. 2010. Invasive species, environmental change and management, and ecosystem health. *Annual Review of Environment and Resources* 35, 25-55.
- Raković M., Popović N., Kalafatić V., Martinović-Vitanović V. 2013. Spreading of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897) in the Danube River (Serbia). *Acta Zoologica Bulgarica* 65, 349-357.
- Reinhold J., Hendriks A., Slager L., Ohm M. 1999. Transfer of microcontaminants from sediment to chironomids, and the risk for the Pond bat *Myotis dasycneme* (Chiroptera) preying on them. *Aquatic Ecology* 33, 363-376.
- Ristola T. 2000. Assessment of sediment toxicity using the midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae). PhD thesis, 1-101.

- Rosenberg D., Resh V. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York, 1-488.
- Rossaro B., Lencivoni V., Boggero A., Marziali L. 2006. Chironomids from southern Alpine running waters: Ecology, Biogeography. *Hydrobiologia* 562, 231-246.
- Rusanov V., Zusko J., Olshvang N. 1990. The condition of separate components of the aquatic biocenosis during mining deposits by dredging. Sverdlovsk UrO AN, SSSR [in Russian].
- Rusev B. 1979. Gegenwärtige Kenntnisse über die Artenzusammensetzung des Zoobenthos der Donau. - XIX Jubiläumstagung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung; Limnologische Berichte Bulgarische Akademie der Wissenschaften, 306-339.
- Rusev B., Petrova A., Janeva I., Andreev S. 1998. Diversity of zooplankton and zoobenthos in the Danube river, its tributaries and adjacent water bodies.- In: Bulgaria's Biological Diversity: Conservation Status and Needs Assessment. (Eds. Meine C., Washington D.C.), 261-292.
- Sæther O. 2000a. Phylogeny of the subfamilies of Chironomidae (Diptera) *Systematic Entomology* 25, 393-403.
- Sæther O. 2000b. Zoogeographical patterns in Chironomidae (Diptera). *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27, 290-302 .
- Savić A. 2012. Ekološka analiza zajednice makrozoobentosa reke Nišave. Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-174.
- Schmedtje U., Colling M. 1996. Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 4/96.
- Schmidt-Kloiber A., Graf W., Lorenz A., Moog O. 2006. The AQEM/STAR taxalist a pan-European macro-invertebrate ecological database and taxa inventory. *Hydrobiologia* 566, 325-342.
- Simić S., Simić V. 2009. Ekologija kopnenih voda. (Hidrobiologija I). Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevacu. Zemun. Alta Nova, 1-295.
- Simić V. 1993. Saprobiološka valorizacija Svrljiškog i Trgoviškog Timoka na osnovu makrozoobentosa. Magistarski rad. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-263.
- Skorić S., Višnjić-Jeftić Ž., Jarić I., Đikanović V., Mićković B., Nikčević M., Lenhardt M. 2012. Accumulation of 20 elements in great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and its main prey, common carp (*Cyprinus carpio*) and Prussian carp (*Carassius gibelio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 80(1), 244-251.
- Sladeček V., Košel V. 1984. Indicator value of freshwater leeches (Hirudinea) with a key to the determination of European species. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 12, 451-461.

Službeni glasnik RS 74/2011. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.

Službeni glasnik RS 50/2012. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje.

Službeni list grada Beograda 27/03. Prostorni plan Beograda.

Spies M. 2005a. On selected family-group names in Chironomidae (Insecta, Diptera), and related nomenclature. *Zootaxa* 894, 1-12.

Spies M. 2005b. An index to selected scientific names in Edwards' (1929) monograph on British Chironomidae. *Chironomus* 18, 11-24.

Strahinić I. 2000. Faunistčka i ekološka analiza makrozoobentosa Puste reke. Magistarski rad. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-185.

Strayer L. 2006. Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of North American Benthological Society* 25, 271-287.

Syrovátka V, Schenkován J., Brabec K. 2009. The distribution of chironomid larvae and oligochaetas within a stony-bottomed river stretch: the role of substrate and hydraulic characteristics. *Fundamental and Applied Limnology, Archiv für Hydrobiologie* 174(1), 43-62.

Šporka F., Nagy Š. 1998. The macrozoobenthos of parapotamontype side arms of the Danube river and its response to flowing conditions. *Biologia* 53, 633-643.

Ter Braak C., Prentice I. 1988. A Theory of Gradient Analysis. *Advances in Ecological Research* 18, 271-317.

Ter Braak C., Verdonschot P. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57, 255-289.

Timm T. 1999. A Guide to the Estonian Annelida. Estonian Academy Publishing Tartu/Tallinn, 1-208.

Tittizer T. 1997. Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den europäischen Wasserstraßen, erläutert am Beispiel des Main Donau-Kanals. In: *Güteentwicklung der Donau – Rückblick und Perspektiven* (ed. Kavka G.). Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4, 113-134

Tockner K., Uehlinger U., Robinson C. 2009. *Rivers of Europe*. Elsevier Publisher, 1-700.

Tomović J., Vranković J., Tubić B., Borković-Mitić S., Pavlović S., Saičić Z., Paunović M. 2010. Malakofauna srpskog dela Dunava i istraživanih pritoka (Tisa, Sava i Velika Morava). In: Simonović P., Simić V., Simić S., Paunović M. (eds.) *Dunav kroz Srbiju. Rezultati Nacionalnog programa Drugog zajedničkog istraživanja reke Dunav 2007*. DIS Public, Beograd, 207-224.

Tubić B., Simić V., Zorić K., Gačić Z., Atanacković A., Csanyi B., Paunović M. 2013. Stream section types of the Danube River in Serbia according to the distribution of macroinvertebrates. *Biologia* 68(2), 294-302.

Vallenduuk H, Moller Pillot H. 2007. Chironomidae larvae of Netherlands and Adjacent Lowlands: general ecology and Tanytopodinae, KNNV Publishing, 1-143.

Van der Velde G. 1975. The immigrant triclad flatworm *Dugesia tigrina* (Girard) (Plathelminthes, Turbellaria). Range-extension and ecological position in the Netherlands. *Hydrobiological Bulletin* 9, 123-130.

Vannote R., Minshall G., Cummins K., Sedell J., Cushing C. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 1038-1044.

Vermonden K. 2010. Key factors for biodiversity of urban water systems. PhD thesis, Radboud University, Nijmegen, 1-147.

Walsh C., Roy A., Feminella J., Groffman P., Morgan R. 2005. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of North American Benthological Society* 24, 706-723.

Wania F., Mackay D. 1996. Tracking the Distribution of Persistent Organic Pollutants - Control strategies for these contaminants will require a better understanding of how they move around the globe. *Environmental Science & Technology* 30(9), 390-396.

Wentworth K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. – *Journal of Geology* 30, 377-392.

Wiederholm T. 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part I. Larvae – *Entomologica Scandinavica* 19, 1-457.

Zelinka M., Marvan P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie* 57, 389-407.

Zinchenko D. 2006. Results and prospects of bioindication researches of the reservoirs and channels in the Volga river basin (by the exemple of chironomids, Diptera: Chironomidae). - *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*, 8(1), 248–262. [In Russian]

Zorić K., Vranković J., Cakić P., Tomović J., Vasiljević B., Simić V., Paunović M. 2010. Introdokovane vrste vodenih makrobekičmenjaka. In: Simonović P., Simić V., Simić S., Paunović M. (eds.) *Dunav kroz Srbiju. Rezultati Nacionalnog programa Drugog zajedničkog istraživanja reke Dunav 2007*. DIS Public, Beograd, 267-279.

Živadinović I., Ilijević K., Gržetić I., Popović A. 2010. Long-term changes in the eco-chemical status of the Danube River in the region of Serbia. *Journal of Serbian Chemical Society* 75(8), 1125-1148.

Živić I. 2005. Faunistička i ekološka studija makrozoobentosa tekućica sliva Južne Morave sa posebnim osvrtom na taksonomiju larvi Trichoptera (Insecta). Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-508.

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*, Bratislava, 61(2): 179-191.

Živić I., Živić M., Milošević Dj., Bjelanović K., Stanojlović S., Daljević R., Marković Z. 2013. The effects of geothermal water inflow on longitudinal changes in benthic macroinvertebrate community composition of a temperate stream. *Journal of Thermal Biology*, 38(5): 255–263.

Živić I., Živić M., Bjelanović K., Milošević Dj., Stanojlović S., Daljević R., Marković Z. 2014. Global warming effects on benthic macroinvertebrates: a model case study from a small geothermal stream. *Hydrobiologia*, 732: 147-159.

Šundić D. 2012. Oligohete (Oligochaeta) kopnenih voda Crne Gore i njihov indikatorski potencijal. Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1-256.

**Interent izvori:**

[www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)

[www.dunavskastrategija.rs](http://www.dunavskastrategija.rs) (Plan upravljanja Dunavom)

[www.icpdr.org](http://www.icpdr.org)

[www.plovput.rs](http://www.plovput.rs)

[www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj\\_2012.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_2012.pdf) (Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2012. godinu)

**Lista korišćenih standarda:**

EPA 130.2

EPA 200.72001

EPA 200.8

EPA 207. Rev 5

EPA 245.1

EPA 300.1

EPA 3050 B (postupak A) 1996

EPA metod 310.1

ISO 10048:1991

ISO 10382:2002

ISO 18287:2006

ISO 5667-15:1999

PRI P-V-2A

PRI P-V-32/A

SMEWW 16th metoda 512 B

SMEWW 19th metoda 2540 B

SMEWW 19th metoda 2540 D

SRPS EN 1899-2:2009

SRPS EN ISO 5667- 3:2007

SRPS ENISO 6878:2008

SRPS ENISO 9377-2:2009

SRPS EN 12260:2008

SRPS ISO 10390:2007

SRPS ISO 11465:2002

SRPS ISO 11466:2004

SRPS ISO 5667:1997

SRPS ISO 5667-12:2005

SRPS ISO 5667-2:1997

SRPS ISO 5667-2:1997

SRPS ISO 5667-4:1997

SRPS ISO 5667-6:1997

SRPS ISO 5813:1994

SRPS ISO 6439:1997

SRPS ISO 7828:1997

SRPS ISO 8245:1994

SRPS ISO 9297: 1994

SRPS EN ISO 5667-1:2008

SRPSEN ISO 5667- 3:2007

**PRILOZI**



Prilog 1. Koordinate lokaliteta sa kojih su uzorci prikupljeni, tip vodotoka (Službeni glasnik RS 74/2011) i šifre uzoraka.

Reka/ Lokalitet	Tip vodotoka	Koordinate	Šifra uzorka
Sava Zabran	1	N44°40'06" E20°14'40"	Z607, Z1007, Z608, Z908, Z509, Z509, Z910, Z611, Z1011
Sava Duboko	1	N44°65'87" E20°27'21"	D607, D1007, D608, D908, D509, D909, D510, D910, D611, D911
Sava Makiš	1	N44°45'58" E20°21'24"	M607, M1007, M608, M908, M509, M909, M510, M910, M611, M1011
Dunav S. Banovci	1	N44°55'21" E20°19'23"	B607, B1007, B608, B908, B509, B909, B510, B910, B611, B911
Dunav Višnjica	1	N44°49'54" E20°32'10"	VS607, VS1007, VS608, VS908, VS509, VS909, VS510, VS910, VS611, VS911
Dunav Vinča	1	N44°46'09" E20°37'30"	V607, V1007, V608, V908, V509, V909, V510, V910, V611, V911
Kolubara Čelije	2	N44°21'56" E20°11'53"	KC607, KC1007, KC608, KC908, KC509, KC909, KC510, KC910, KC611, KC911
Kolubara Obrenovac	2	N44°39'12" E20°13'27"	KO607, KO1007, KO608, KO908, KO509, KO909, KO510, KO910, KO611, KO911
Železnička reka	3	N44°43'38" E20°22'13"	ZE607, ZE1007, ZE608, ZE908, ZE509, ZE909, ZE510, ZE910, ZE611, ZE911
Topčiderska reka	3	N44°47'54" E20°25'51"	T607, T1007, T608, T908, T509, T909, T510, T910, T611, T911

Prilog 2. Skraćenice korišćene za taksone zabeležene u tri tipa vodotoka na području Beograda prilikom grafičkog prikazivanja rezultata.

Nematoda	Nem
<i>Hypania invalida</i>	Hyp_inv
<i>Branchiura sowerbyi</i>	Bra_sow
<i>Dero dorsalis</i>	Der_dor
<i>Dero digitata</i>	Der_dig
<i>Eiseniella tetraedra</i>	Eis_tet
<i>Enchytraeus</i> sp.	Ench
<i>Isochaetides michaelsoni</i>	Iso_mic
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	Lim_cla
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	Lim_hof
<i>Limnodrilus profundicola</i>	Lim_pro
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Lim_ude
<i>Nais pseudobtusa</i>	Nai_pse
<i>Nais communis</i>	Nai_com
<i>Nais barbata</i>	Nai_bar
<i>Potamothrix hammoniensis</i>	Pot_ham
<i>Psammoryctides albicola</i>	Psa_alb
<i>Psammoryctides barbatus</i>	Psa_bar
<i>Stylaria lacustris</i>	Sty_lac
<i>Tubifex tubifex</i>	Tub_tub
<i>Uncinaiis uncinata</i>	Unc_unc
<i>Erpobdella octoculata</i>	Erp_oct
<i>Glossiphonia complanata</i>	Glo_com
<i>Glossiphonia heteroclita</i>	Glo_het
<i>Dugesia lugubris</i>	Dug_lug
<i>Dugesia tigrina</i>	Dug_tig
<i>Planaria torva</i>	Pla_tor
Gammaridae	Gam
<i>Corophium curvispinum</i>	Cor_cur
<i>Asellus aquaticus</i>	Ase_aqu
<i>Jaera istri</i>	Jae_sar
<i>Bithynia tentaculata</i>	Bit_ten
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	Lyt_nat
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	The_flu
<i>Viviparus viviparus</i>	Viv_viv
<i>Anodonta cygnea</i>	Ano_cyg
<i>Corbicula fluminea</i>	Cor_flu
<i>Dreissena bugensis</i>	Dre_bug
<i>Dreissena polymorpha</i>	Dre_pol

<i>Sinanodonta woodiana</i>	Sin_woo
<i>Pseudanodonta complanata</i>	Pse_com
<i>Unio pictorum</i>	Uni_pic
<i>Unio tumidus</i>	Uni_tum
Odonata	Odo
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Gom_vul
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Ophg_cec
<i>Platycnemis pennipes</i>	Pla_pen
Trichoptera	Tri
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	Hyd_pel
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	Hyd_ang
<i>Hydropsyche instabilis</i>	Hyd_ins
<i>Hydropsyche</i> sp.	Hyd_sp.
<i>Hydroptila</i> sp.	Hypt_sp.
<i>Serratella ignita</i>	Ser_ign
Ephemeroptera	Eph
<i>Ecdyonurus venosus</i>	Ecd_ven
<i>Baetis fuscatus</i>	Bae_fus
<i>Baetis vernus</i>	Bae_ver
<i>Baetis</i> sp.	Bae_sp.
<i>Caenis luctuosa</i>	Cae_luc
<i>Leuctra</i> sp.	Leu_sp.
Coleoptera	Col
<i>Elmis aenea</i>	Elm_aen
<i>Oulimnius</i> sp.	Oul_sp.
Simuliidae	Sim
Ceratopogonidae	Cer
<i>Tipula lateralis</i>	Tip_lat
<i>Atherix ibis</i>	Ath_ibi
<i>Pericoma blandula</i>	Per_bla
<i>Ulomyia fuliginosa</i>	Ulo_ful
<i>Einfeldia pagana</i>	Ein_pag
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	Dic_ner
<i>Dicrotendipes notatus</i>	Dic_not
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	Cla_man
<i>Harnischia</i> sp.	Har_sp.
<i>Polypedilum scalaenum</i>	Pol_sca
<i>Polypedilum albicorne</i>	Pol_alb
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	Pol_nub
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	Chi_plu
<i>Chironomus riparius</i>	Chi_rip
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	Dem_vul

<i>Criptochironomus</i> sp.	Cri_sp.
<i>Cryptotendipes</i> sp.	Cry_sp.
<i>Paratendipes albimanus</i>	Par_alb
<i>Parachironomus</i> sp.	Par_sp.
<i>Glyptotendipes</i> sp.	Gly_sp.
<i>Virgatanytarsus arduennensis</i>	Vir_ard
<i>Cladopelma lateralis</i>	Cla_lat
<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i>	Asp_tri
<i>Tanypus</i> sp.	Tan_sp.
<i>Procladius</i> sp.	Pro_sp.
<i>Cricotopus tremulus</i>	Cri_tre
<i>Cricotopus triannulatus</i>	Cri_tri
<i>Cricotopus sylvestris</i>	Cri_syl
<i>Cricotopus bicinctus</i>	Cri_bic
<i>Orthocladius</i> sp.	Ort_sp.
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	Euk_cla

Prilog 3. Funkcionalni tipovi ishrane taksona zabeleženih u tri tipa tekućih voda na području Beograda u periodu 2007-2011. godina

<b>Takson</b>	<b>Tip ishrane</b>
Nematoda	sh, ga, pr, pa
<i>Hypania invalida</i>	af
<i>Branchiura sowerbyi</i>	ga
<i>Chaetogaster diaphanus</i>	pr
<i>Chaetogaster limnaei</i>	gr, ga, pr
<i>Dero dorsalis</i>	gr
<i>Dero digitata</i>	ga
<i>Eiseniella tetraedra</i>	ga
<i>Enchytraeus</i> sp.	ga
<i>Fridericia</i> sp.	ga
<i>Isochaetides michaelsoni</i>	ga
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	ga
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	ga
<i>Limnodrilus profundicola</i>	ga
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	ga
<i>Nais pseudobtusa</i>	gr, ga
<i>Nais communis</i>	gr, ga
<i>Nais barbata</i>	gr, ga
<i>Ophidonais serpentina</i>	ga
<i>Potamothrix vejdoskyi</i>	ga
<i>Potamothrix hammoniensis</i>	ga
<i>Psammoryctides albicola</i>	ga
<i>Psammoryctides barbatus</i>	ga
<i>Propappus volki</i>	ga
<i>Stylaria lacustris</i>	ga
<i>Tubifex tubifex</i>	ga
<i>Uncinaiis uncinata</i>	ga
<i>Erpobdella octoculata</i>	pr
<i>Glossiphonia complanata</i>	pr
<i>Glossiphonia heteroclita</i>	pr
<i>Helobdella stagnalis</i>	pr
<i>Dugesia lugubris</i>	pr
<i>Dugesia tigrina</i>	pr
<i>Planaria torva</i>	pr
Gammaridae	/
<i>Corophium curvispinum</i>	af
<i>Asellus aquaticus</i>	gr, sh, ga
<i>Jaera istri</i>	gr
<i>Bithynia tentaculata</i>	gr, ga, af
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	gr, ga
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	gr
<i>Viviparus acerosus</i>	gr, af

<i>Viviparus viviparus</i>	gr, af
<i>Anodonta cygnea</i>	af
<i>Corbicula fluminea</i>	/
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	af
<i>Dreissena polymorpha</i>	af
<i>Sinanodonta woodiana</i>	af
<i>Sphaerium corneum</i>	af
<i>Sphaerium solidum</i>	af
<i>Pseudanodonta complanata</i>	af
<i>Unio pictorum</i>	af
<i>Unio tumidus</i>	af
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	pr
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	pr
<i>Platycnemis pennipes</i>	pr
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	gr, pf, pr
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	gr, pf, pr
<i>Hydropsyche instabilis</i>	gr, pf, pr
<i>Hydropsyche</i> sp.	gr, pf, pr
<i>Hydroptila</i> sp.	gr, mi, ga, pr
<i>Serratella ignita</i>	gr, ga,
<i>Ephemerella</i> sp.	gr, ga,
<i>Ephemera danica</i>	af, ga
<i>Ecdyonurus venosus</i>	gr, ga
<i>Oligoneuriella rhenana</i>	pf
<i>Heptagenia sulphurea</i>	gr, ga
<i>Heptagenia</i> sp.	gr, ga
<i>Baetis rhodani</i>	gr, ga
<i>Baetis fuscatus</i>	gr, ga
<i>Baetis vernus</i>	gr, ga
<i>Baetis</i> sp.	gr, ga
<i>Centroptilum</i> sp.	gr, ga
<i>Centroptilum luteolum</i>	gr, ga
<i>Caenis luctuosa</i>	ga
<i>Potamanthus luteus</i>	ga, af
<i>Leuctra</i> sp.	/
Coleoptera gen. sp.	gr, xy, sh, ga, pr
<i>Elmis aenea</i>	gr, ga
<i>Oulimnius</i> sp.	gr
Simuliidae gen. sp.	/
Ceratopogonidae gen. sp.	pr
<i>Tipula lateralis</i>	ga
<i>Atherix ibis</i>	pr
<i>Pericoma blandula</i>	/
<i>Ulomyia fuliginosa</i>	/
<i>Einfeldia carbonaria</i>	/
<i>Einfeldia pagana</i>	ga, af
<i>Dicrotendipes pulsus</i>	gr, ga, af
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	gr, ga, af

<i>Dicrotendipes notatus</i>	gr, ga, af
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	gr, ga, af
<i>Harnischia</i> sp.	gr, ga, pr
<i>Polypedilum scalaenum</i>	gr, ga, af
<i>Polypedilum albicorne</i>	/
<i>Polypedilum convictum</i>	/
<i>Polypedilum pedestre</i>	gr, ga, af
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	gr, ga, af
<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	ga
<i>Chironomus riparius</i>	ga, af
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	ga, pr
<i>Cryptochironomus</i> sp.	ga, pr
<i>Cryptotendipes</i> sp.	ga
<i>Paratendipes albimanus</i>	gr, ga, af
<i>Parachironomus</i> sp.	/
<i>Glyptotendipes</i> sp.	gr, mi, ga, af
<i>Virgatanytarsus arduennensis</i>	gr, ga, af
<i>Cladopelma lateralis</i>	/
<i>Micropsectra</i> sp.	gr, ga, af
<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i>	ga, pr
<i>Tanypus</i> sp.	ga, pr
<i>Procladius</i> sp.	ga, pr
<i>Cricotopus tremulus</i>	gr, sh, ga
<i>Cricotopus triannulatus</i>	gr, ga
<i>Cricotopus sylvestris</i>	gr, mi, sh, ga
<i>Cricotopus bicinctus</i>	gr, sh, ga
<i>Orthocladius</i> sp.	af
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	gr, ga
<i>Eukiefferiella minor</i>	gr, ga
<i>Prodiamesa olivacea</i>	ga, af

Legenda: ga – kolektori, af – filtratori, sh – sekači, gr – strugači, pr – predatori; tip ishrane prema Moog 2002, Schmedtje & Colling 1996; / – nema dovoljno pouzdanih podataka

## Biografija autora

Nataša Popović je rođena 20.12.1977. godine u Boru, gde je završila osnovnu i srednju školu. Studije na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na studijskoj grupi Biologija završila je 2007. godine sa prosečnom ocenom 8,86 i ocenom 10 na diplomskom ispitu. Doktorske studije na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Ekologijaa, modul Hidroekologija, upisala je 2009. godine. Od 2008. godine zaposlena je na Odeljenju za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Univerziteta u Beogradu, u okviru projekta „Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeochemijskih anomalija“, ON 176018, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, pod rukovodstvom dr Milke Vidović. Učesnik je i na međunarodnom projektu „Upravljanje efektima višestrukih stresora u uslovima nedostatka vode“ („*Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity* - acronym GLOBAQUA; funded under Grant Agreement No. 603629-ENV-2013-6.2.1-Globaqua”).

Nataša Popović je autor/koautor u 7 radova objavljenih u međunarodnim naučnim časopisima, jednog rada objavljenog u domaćem naučnom časopisu, ima 5 saopštenja na međunarodnim i jedno saopštenje na domaćem naučnom skupu.



Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Наташа З. Поповић

број уписа \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ЕКОЛОШКА АНАЛИЗА ЗАЈЕДНИЦА СЛАТКОВОДНИХ МАКРОБЕСКИЧМЕЊАКА ТРИ ТИПА

ТЕКУЋИХ ВОДА НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

- 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, \_\_\_\_\_



Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Наташа З. Поповић

Број уписа Е3303/2009

Студијски програм Екологија

Наслов рада Еколошка анализа заједница слатководних макробескичмењака  
три типа текућих вода на подручју Београда

Ментори др Момир Пауновић, виши научни срадник, Универзитет у Београду,

Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“

др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор, Универзитет у Београду,

Биолошки факултет

Потписани Наташа З. Поповић

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, \_\_\_\_\_



Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ЕКОЛОШКА АНАЛИЗА ЗАЈЕДНИЦА СЛАТКОВОДНИХ МАКРОБЕСКИЧМЕЊАКА ТРИ ТИПА  
ТЕКУЋИХ ВОДА НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

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, \_\_\_\_\_



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.