LIČINKE DIPTERA EKOLOŠKI POKAZATELJ KVALITETE VODE

Krajnović, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:916932

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Preddiplomski studij biologije

Ivana Krajnović

LIČINKE DIPTERA – EKOLOŠKI POKAZATELJI KVALITETE VODE

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Dubravka Čerba

Osijek, 2016. godina

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Završni rad**
Odjel za biologij
Preddiplomski studij biologije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

LIČINKE DIPTERA – EKOLOŠKI POKAZATELJ KVALITETE VODE

Ivana Krajnović

Rad je izrađen na Zavodu za ekologiju voda Odjela za biologiju
Mentor: **Dr. sc.** *Dubravka Čerba,* **doc.**

Kratak sadržaj završnog rada: Ekološko stanje površinske vode određuje se na temelju rezultata monitoringa bioloških elemenata kvalitete te hidromorfoloških, osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata, koji prate biološke elemente. Makrozoobentos je jedan od šest bioloških elemenata. Biomasa i raznolikost ličinki kukaca Diptera, zbog velike taksonomske i ekološke raznolikosti, predstavlja važan alat za predviđanje trofičkih uvjeta vodenih staništa. Kao bioindikatori se najčešće koriste vrste porodice Chironomidae.

Broj stranica: 27
Broj slika: 33
Broj tablica: 6
Broj literaturnih navoda: 15
Broj Web izvora: 40
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: biomonotoring, makrozoobentos, saprobni indeks, biotički indeks, Diptera

Rad je pohranjen u knjižnici odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na Web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Bechelor's thesis**

Department of Biology

Undergraduate university study programme in Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

DIPTERA LIČINKAE – ECOLOGICAL INDICATOR OF WATER QUALITY

Ivana Krajnović

Thesis performed at the Subdepartment of Water Ecology, Department of Biology

Supervisor: **Dr. sc.** *Dubravka Čerba*, **Assist. Prof.**

Short abstract: The ecological status of the water is determined based on monitoring of the biological quality elements and the hydromorphological, physico-chemical and chemical elements. Macrozoobenth is one of those six biological elements. Biomass and diversity of Diptera larvae represent an important tool for determing the trophic state of the aquatic ecosystems, due to their taxonomical and ecological diversity. Species of the family Chironomidae are most commonly used as the biological indicators.

Number of pages: 27

Number of figures: 33

Number of tables: 6

Number of references: 55

Original in: Croatian

Key words: biomonotoring, macroinvertebrates, saprobic index, biotic index, Diptera

Thesis deposited in the Library of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in the National university library in Zagreb in electronic form. It is also deposable on the Web site of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD 4

1.1. Ekološka stanja kvalitete vode 4

1.2. Makrozoobentos kao biološki element kvalitete vode 5

1.3. Prikupljanje uzoraka sedimenta 7

1.4. Laboratorijska obrada uzoraka 8

2. OSNOVNI DIO 9

2.1. Red Diptera u biomonitoringu vode 9

2.2. Izračunavanje indeksa kvalitete vode 17

3. ZAKLJUČAK 22

4. LITERATURA 23

1. UVOD

1.1. Ekološka stanja kvalitete vode

Voda koja kvantitativno i kvalitativno odstupa od prirodnih fizikalnih, kemijskih i bioloških osobina se smatra zagađenom vodom. Takva voda izaziva nepoželjne posljedice u vodenim ekosustavima nanoseći štete ljudskom zdravlju i ekonomiji zbog ograničene mogućnosti njene upotrebe (Todosijević, 2013).

Ocjenjivanje ekološkog stanja vode predstavlja mjerenje promjene funkcije i stanja ekosustava u odnosu na referentno stanje (web 36). S obzirom na intenzitet promjene, postoji 5 kategorija ekološkog stanja i svaka se prikazuje odgovarajuæom bojom (Tablica 1.). Graniène vrijednosti za svako ekološko stanje pokazatelja osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata kvalitete, propisane su Uredbom o standardu kvalitete voda (Narodne novine, br. 73/13, 151/14 i 78/15) (web 36).

Tablica 1. Kategorije ekološkog stanja površinskih voda (web 36)

Ekološko stanje	Boja
Vrlo dobro	Plava
Dobro	Zelene
Umjereno	Žuta
Loše	Narančasta
Vrlo loše	Crvena

Ekološko stanje površinske vode određuje se na temelju rezultata monitoringa hidromorfoloških i bioloških elemenata kvalitete, uz osnovne fizikalno-kemijske elemente koji prate biološke elemente (Tablica 2.).

1.2. Makrozoobentos kao biološki element kvalitete vode

Tablica 2. Biološki elementi kvalitete za površinske vode (web 36)

Rijeke	Jezera	Prijelazne vode	Priobalne vode
Fitoplankton	Fitoplankton	Fitoplankton	Fitoplankton
Fitobentos	Fitobentos	Makrofita	Makroalge
Makrozoobentos	**Makrozoobentos**	**Makrozoobentos**	Makrofita
Makrofita	Makrofita	Ribe	**Makrozoobentos**
Ribe			

Jedan od šest bioloških elemenata kvalitete vode na temelju kojeg se određuje ekološko stanje površinskih voda je makrozoobentos koji je ujedno i najèešæe korištena skupina vodenih organizama za praæenje promjena vodenog okoliša (web 10). U tablici 3. su navedeni predstavnici makrozoobentosa koji su obuhvaæeni operativnom listom Hrvatskih voda.

Tablica 3. Predstavnici makrozoobentosa operativne liste Hrvatskih voda (web 36)

Ime reda	Broj vrsta	Ime reda	Broj vrsta
Arachnidia	1	Heteroptera	10
Bivalvia	16	Hirudinea	19
Coelenterata	1	Megaloptera	3
Coleoptera	59	Odonata	43
Crustacea	30	Oligochaeta	49
Diptera	**31**	Plecoptera	20
Ephemeroptera	57	Trichoptera	120
Gastropoda	42	Turbellaria	11

Najveći broj vodenih beskralježnjaka vezan je za vodenu sredinu preko stadija ličinke, a odrasle jedinke su im terestrične (npr. Diptera, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera). Bez obzira na njihovu ulogu u vodenim ekosustavima, samo rijetki predstavnici provedu cijeli svoj život u vodi (npr. Coleoptera).

Mjerenjem sastava i bogatstva faune makrozoobentosa te određivanjem odnosa osjetljivih, indiferentih i oportunističkih vrsta u zajednici dobije se uvid u veličinu antropogenog utjecaja na ekosustav površinskih voda (Todosijević, 2013).

Makrozoobentos je važan dio hranidbenih lanaca i jedan je od ključnih bioloških elemenata kvalitete u ocjeni ekološkog stanja voda jer predstavlja važnu komponentu unutar biocenotičkih struktura i ciklusa hranjivih tvari. Zbog ograničene pokretljivosti, a relativno dugog životnog vijeka, veće ili manje promjene ekoloških uvjeta u okolišu, primjerice promjena fizikalnih i/ili kemijskih svojstava vode (brzina strujanja vode, temperatura, svjetlo, količina hranjivih tvari, kisika i ugljikovog dioksida te sezonske i dnevne promjene režima protoka vode) imaju za posljedicu promjenu u kvantitativnoj i kvalitativnoj strukturi zajednice (web 36).

Prednosti makrozoobentosa pred drugim skupinama vodenih organizama u ocjeni ekološkog stanja voda su:

- relativno se lagano prikupljaju,
- dovoljno su veliki što olakšava prikupljanje, razvrstavanje i determinaciju,
- brzo se mogu determinirati zbog postojanja prikladnih priručnika,
- mnoge vrste su široko rasprostranjene i brojne što omogućava usporedbu rezultata na širem području,
- dobro su poznate tolerancije prema onečišćenju mnogih uobičajenih vrsta i njihove reakcije na različite tipove onečišćenja (web 10).

Poteškoće koje se javljaju pri korištenju vodenih beskralježnjaka u biomonitoringu su:

- determinacija određenih grupa može biti složena i dugotrajna,
- potrebno je obaviti veći broj uzorkovanja, što nije ekonomski isplativo,
- kada je vodotok izložen kombinaciji različitih tipova zagađenja, upitna je indikatorsku pouzdanost ovih organizama,
- zbog nehomogenog rasporeda ovih organizama otežano je dobijanje realnih podataka o gustoći po jedinici površine,
- karakterističan sklop ekoloških uvjeta na dnu i u donjim slojevima vodenih ekosustava može se bitno razlikovati od uvjeta u slobodnoj vodi,
- vrste koje naseljavaju dno brzih potoka i rijeka zbog slučajnog drifta mogu se naći na mjestima koja nisu njihovo prvobitno stanište,
- postoji i problem adaptacije organizama na polutante, jer se određene vrste prilagođavaju novim uvjetima sredine, pa se mijenja njihov prag osjetljivosti na intenzitet i vrstu zagađenja (web 10).

1.3. Pikupljanje uzoraka sedimenta

Smatra se da je eutrofikacija (antropogenog ili prirodnog uzroka) najznačajniji faktor koji utječe na zajednice u vodi, u tekućicama se analizira litoral, a u jezerima zajednica profundala, s obzirom da su zajednice u sedimentu odlični indikatori promjena kvalitete vode (Solimini i sur. 2006).

Prije početka uzorkovanja potrebno je da razdoblje stabilnog i niskog vodostaja bude dovoljno dugo kako bi se makrozoobentoska zajednica mogla dobro razviti (web 34).

Uzorkovati se ne smije:

- kad su visoke vode i do 3 tjedna nakon visokih voda,
- u vrijeme svih poremećaja izazvanih prirodnim procesima,
- blizu hidro-tehničkih objekata (mostova, brana) jer te strukture izazivaju promjene u brzini toka, karakteru podloge, kao i zajednici beskralješnjaka pa dobiveni rezultati nisu reprezentativni (web 34).

Uzorkovanje se obavlja:

- ručnom bentos mrežom ili Surberovom mrežom (rijeke) (Slika 1. i 2.),
- Eckman-ovim grabilom (jezera) (Slika 3.),
- Van Veen-ovim grabilom (prijelazne i priobalne vode) (Slika 4.).



Slika 1. Bentos mreža (web 7, 24.6.2016.)



Slika 2. Surberova mreža (web 9, 24.6.2016.)

Uzorkovani se materijal odmah po obavljenom uzorkovanju spremi u posudu ili vrećicu gdje se konzervira 4%-tnim formaldehidom ili 96%-tnim etilnim alkoholom. Kada se za konzerviranje koristi etilni alkohol iz uzorka se najprije odstrani voda, a tek onda se dodaje etilni alkohol. Na ili u bocu s uzorkom obavezno dolazi vodootporna etiketa sa svim potrebnim podacima (Klobučar, 2008).

1.4. Laboratorijska obrada uzoraka

Laboratorijska obrada makrozoobentosa odvija se u nekoliko koraka:

1. Separacija organizama iz sedimenta zadržanog na situ uz pomoć lupe.
2. Determininacija do najniže moguće sistematske razine.
3. Brojnost pojedinih vrsta preračunati na površinu od 1 m² (web 9).



Slika 3. Eckmanovo grabilo (web 35, 24.6.2016.)



Slika 4. Van Veenovo grabilo (web 8, 24.6.2016.)

2. OSNOVNI DIO

2.1. Red Diptera u biomonitoringu vode

Red Diptera sadrži preko sto tisuća vrsta raspoređenih u više od 150 porodica, a samo u Hrvatskoj je zabilježeno preko 130 porodica. U hrvatskim su vodama zastupljene sve hranidbene skupine makrozoobentosa, ima i detritivora i usitnjivača i filtratora, ali i predatora (Britvec, 2004). Raznolikost kukaca iz reda Diptera može se vidjeti na slikama 5. – 33. koje prikazuju stadije ličinke i odrasle jedinke predstavnika 14 porodica.

ANTHOMYIDAE



Slika 5. *Pegomya* sp. (ličinka) (web 2, 24.6.2016.)



Slika 6. *Pegomya* sp. (odrasla jedinka) (web 4, 24.6.2016.)

ATHERICIDAE

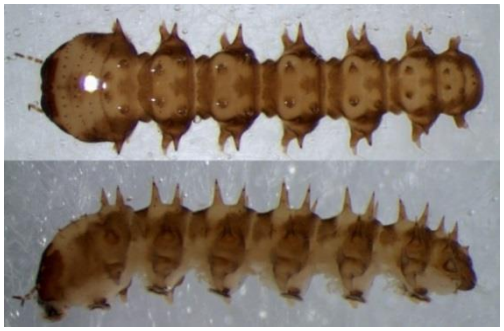


Slika 7. *Atherix lantha* (ličinka) (web 5, 24.6.2016.)

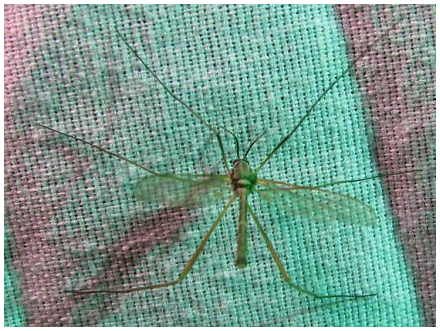


Slika 8. *Atherix ibis* (odrasla jedinka) (web 29, 24.6.2016.)

BLEPHARICERIDAE



Slika 9. *Agathon* sp. (ličinka) (web 26, 24.6.2016.)



Slika 10. *Agathon* sp. (odrasla jedinka) (web 6, 24.6.2016.)

CHAOBORIDAE



Slika 11. *Chaoborus crystallinus* (ličinka) (web 12, 24.6.2016.)



Slika 12. *Chaoborus crystallinus* (odrasla jedinka) (web 11, 24.6.2016..,)

CHIRONOMIDAE



Slika 13. *Ablabesmyia* sp. (ličinka) (web 33, 24.6.2016.,)



Slika 14. *Ablabesmyia* sp. (odrasla jedinka) (web 15, 24.6.2016.,)

DIXIDAE



Slika 15. *Dixa* sp. (ličinka) (web 22, 24.6.2016.)



Slika 16. *Dixa* sp. (odrasla jedinka) (web 24, 24.6.2016.)

LIMONIIDAE



Slika 17. *Epiphragma ocellare* (ličinka) (web 25, 24.6.2016.,)



Slika 18. *Epiphragma ocellare* (odrasla jedinka) (web 13, 24.6.2016.,)

MUSCIDAE



Slika 19. *Limnophora riparia* (ličinka) (web 20, 24.6.2016.)



Slika 20. *Limnophora riparia* (odrasla jedinka) (web 21, 24.6.2016.)

PEDICIIDAE





Slika 21. i 22. *Ula* sp. (ličinka - zadak i glava) (web 17 i 18, 24.6.2016.)



Slika 23. *Ula* sp. (odrasle jedinke) (web 16, 24.6.2016.)

SIMULIIDAE



Slika 24. *Simulium* sp. (ličinka) (web 19, 24.6.2016.)



Slika 25. *Simulium* sp. (odrasla jedinka) (web 28, 24.6.2016.)

STRATIOMYIIDAE



Slika 26. *Odontomyia annulata* (ličinka) (web 31, 24.6.2016.)



Slika 27. *Odontomyia annulata* (odrasla jedinka) (web 32, 24.6.2016.)

SYRPHIDAE

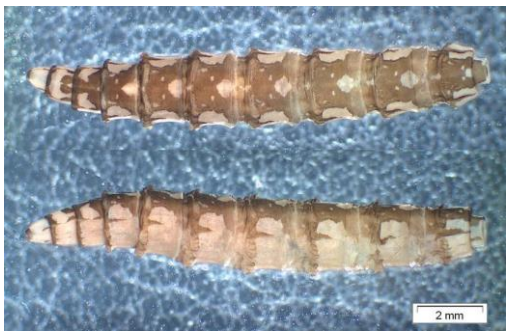


Slika 28. *Caliprobola speciosa* (ličinka) (web 23, 24.6.2016.)



Slika 29. *Caliprobola speciosa* (odrasla jedinka) (web 27, 24.6.2016.)

TABANIDAE



Slika 30. *Heptatoma pellucens* (ličinka) (web 30, 24.6.2016.)



Slika 31. *Heptatoma pellucens* (odrasla jedinka) (web 14, 24.6.2016.)

TIPULIDAE



Slika 32. *Tipula* sp. (ličinka) (web 3, 24.6.2016.)



Slika 33. *Tipula* sp. (odrasla jedinka) (web 1, 24.6.2016.)

2.2. Izračunavanje indeksa kvalitete vode

Za ocjenu ekološkog stanja na temelju biološkog elementa makrozoobentosa određuju se dva modula:

- Saprobnost - određivanje razine opterećenja tekućica organskim tvarima
- Opća degradacija – određivanje ukupnih antropogenih promjena

Za izračunavanje svih indeksa u oba modula koristi se računalni program ASTERICS 4.0.3. (web 36).

Saprobni indeks u biomonitoringu su prvi primjenili Pantle-Buck 1955. godine kada su uključili saprobnu vrijednost za ocjenu kvalitete vode. Definira se kao optimum vrste i njenu ovisnost o saprobnosti vodnog toka. Metoda indeksa saprobnosti se bazira na determinaciji organizama do vrste. Na osnovi prisutnih vrsta procjenjuje se količina organskih tvari koje su podložne razgradnji u vodi (Todosijević, 2013).

Hrvatski saprobni indeks ($\mathbf{SI_{HR}}$) je prilagođeni saprobni indeks prema Pantle-Buck-u:

$$\mathbf{SI_{HR}} = \frac{\sum \mathbf{SI u_i}}{\sum \mathbf{u_i}}$$

gdje je:

$\mathbf{SI_{HR}}$ = P-B indeks saprobnosti

SI = indikatorska vrijednost pojedine vrste

ui = broj jedinki preračunat na 1 m^2

U tablici 4. su navedene vrste iz reda Diptera značajne kao bioindikatori u Hrvatskim vodama i njihove saprobne vrijednosti (web 36).

Neki su vodeni beskralježnjaci vrlo osjetljivi na različite oblike zagađenja i na promjene u prirodnim staništima kopnenih voda (Crustaceae, Gastropoda, Plecoptera). No ima ih i koji su dosta tolerantniji (Diptera, Hirudinea, Odonata) te njihova prisutnost i dominacija ukazuje na organski opterećenu vodu i/ili na značajne promjene u strukturi staništa (McCafferty, 1983). U tablici 5. su prikazane vrijednosti tolerancije zagađenja kod nekih od predstavnika Diptera.

Tablica 4. Saprobne vrijednosti predstavnika Diptera (web 36)

Porodica	Rod	Vrsta	Saprobnost
BLEPHARICERIDAE	*Liponeura*	sp.	0,4
SIMULIIDAE	*Simulium*	*argenteostriatum*	0,6
ANTHOMYIDAE	*Limnophora*	sp.	1,4
MUSCIDAE	*Limnophora*	sp.	1,4
SIMULIIDAE	*Prosimulium*	sp.	1,4
SIMULIIDAE	*Simulium*	*tuberosum*	1,4
SIMULIIDAE	*Simulium*	*variegatum*	1,4
LIMONIIDAE	*Antocha*	*virtripennis*	1,5
ATHERICIDAE	*Atherix*	*ibis*	1,6
SIMULIIDAE	*Simulium*	*cryophilum*	1,6
SIMULIIDAE	*Simulium*	*monticola*	1,6
DIXIDAE	*Dixa*	sp.	1,7
TIPULIDAE	*Tipula*	sp.	1,8
ATHERICIDAE	*Ibisia*	*marginata*	1,9
PEDICIIDAE	*Dicranota*	sp.	1,9
SIMULIIDAE	*Simulium*	*reptans*	1,9
SIMULIIDAE	*Simulium*	*posticatum*	2,0
SIMULIIDAE	*Wilhelmia*	sp.	2,0
CHAOBORIDAE	*Chaoborus*	sp.	2,1
TABANIDAE	*Tabanus*	sp.	2,1
SIMULIIDAE	*Simulium*	*balcanicum*	2,2
SIMULIIDAE	*Simulium*	*equinum*	2,2
SIMULIIDAE	*Simulium*	*erythrocephalum*	2,2
SIMULIIDAE	*Simulium*	*lineatum*	2,2
CHIRONOMIDAE	*Chironomus*	sp.	2,5
CHIRONOMIDAE	*Prodiamesa*	*olivacea*	2,7
STRATIOMYIIDAE	*Stratiomys*	sp.	2,8
CHIRONOMIDAE	*Chironomus*	*thummi*	3,5
CHIRONOMIDAE	*Chironomus*	*plumosus*	3,6
SYRPHIDAE	*Eristalis*	sp.	3,6

SYRPHIDAE	*Eristalinae*	sp.	4,0

Tablica 5. Vrijednosti tolerancije zagađenja kod nekih od predstavnika Diptera (prilagođeno iz Todosijević, 2013, web 10 i web 37)

Porodica	Ime vrste	Tolerancija zagađenja
BLEPHARICERIDAE	*Liponeura* sp.	0
ATHERICIDAE	*Ibisia marginata*	2
TIPULIDAE	*Tipula* sp.	3
MUSCIDAE	*Limnophora* sp.	6
SIMULIIDAE	*Prosimulium* sp.	6
TABANIDAE	*Tabanus* sp.	6
CHIRONOMIDAE	*Prodiamesa olivacea*	6
CHIRONOMIDAE	*Chironomus thummi*	8
SYRPHIDAE	*Eristalinae* sp.	10

Primjena biotičkih indeksa je pouzdana metoda koja se koristi u ocjenjivanju kvalitete vode, a bazira se na bogatstvu indikatorskih vrsta te njihovu relativnu brojnost. Rezultati biotočkog indeksa se kreću od 0 (beživotno stanište) do 10 (čisti planinski potok). Što je dobivena vrijednost viša, to je voda čišća (web 37). U tablici 6. je prikaz ekološkog stanja vode s obzirom na biotički indeks s reprezentativnim predstavnikom iz reda Diptera za svaki tip ekološkog stanja.

Tablica 6. Kategorije ekološkog stanja površinskih voda i reprezentativna vrsta bioindikatora (prilagođeno iz Klobučar, 2008 i web 37)

Ekološko stanje	Biotički indeks	Ime vrste
Vrlo dobro	≥ 10	*Liponeura* sp.
Dobro	8-9	*Atherix ibis*
Umjereno	6-7	*Tipula* sp.
Loše	4-5	*Wilhelmia* sp.
Vrlo loše	1-2-3	*Chironomus plumosus*

Usporedbom Tablica 5, 6 i 7 uočava se povezanost između stupnja tolerancije na onečišćenje, indeksa saprobnosti i biotičkog indeksa. Indeks saprobnosti i tolerancija zagađenja se odnose proporcionalno, a prema biotičkom indeksu obrnuto proporcionalno.

Promatrajući saprobne vrijednosti vidi se široki spektar koji pokriva porodica Simuliidae, sa vrijednostima od 0,6 do 2,2. Druga porodica značajna za biomonitoring naših voda je Chironomidae koja ima veće saprobne vrijednosti od prethodne, od 2,5 do 3,6. Porodica Chironomidae ima i visoku toleranciju na zagađenje životne sredine, dok se može uočiti kako ima i porodica sa nultom tolerancijom na onečišćenje, Blephariceridae. No Chironomidae se nalaze u svim vrstama vode, uključujući i slanoj vodi. Tako je u oligotrofnoj sredini zabilježena vrsta *Tanytarsus* sp., a u mezotrofnoj vrste *Coelotanypus* sp. *i Tanypus* sp. (Takahashi i sur., 2008).

Budući da onečišćenost vodotoka u znatnoj mjeri pridonosi promjeni ekoloških uvjeta vode, a u krajnjem slučaju pojavi ekstremnih životnih uvjeta, informacije o broju vrsta i jedinki vrlo su korisni podaci za biološku procjenu stupnja onečišćenosti (Solimini i sur. 2006). U ekstremnim životnim uvjetima zajednica postaje siromašna vrstama, a ostaju samo vrste sa širokom ekološkom valencom. Istodobno se preostale vrste pojavljuju u velikome broju jedinki (Habdija, 1979).

U vodama vrlo lošeg ekološkog stanja je niska raznolikost makrozoobentosa jer imaju visoke unose organske tvari. Kada sadržaj otopljenog kisika u vodi opada, broj ličinki Diptera koje sadrže hemoglobin raste (Chironomidae). U najzagađenijim vodama dominira rod *Chironomus* jer se uglavnom hrane razgrađenom organskom tvari (Marques i sur., 1999).

Vode lošeg ekološkog stanja imaju smanjenu produktivnost proizvođača zbog manjka svjetlosti. Takvo stanje utječe na životinje ovisne o biljnoj hrani i predatore koji se oslanjaju na vizualni položaj plijena. Kako se povećava sedimentacija, raste i broj ličinki Diptera koje uspijevaju u mulju. Simuliidae su filtratori i mogu filtrirati vrlo fine čestice (web 37). Neke vrste se mogu naći u umjereno onečišćenoj vodi, *S. pertinax, S. subnigrum i S. Subpallidum* (Docile i sur., 2015).

U umjereno onečišćenim vodama nalazimo ličinke porodice Tipulidae koje podnose niže razine otopljenog kisika i povećanu sedimentaciju. Zajednice u brzacima su više osjetljive na povećanje zagađenja nego zajednice u bazenima ili sporotekućim područjima istog vodotoku. Ličinke se nalaze u mulju na mahovini i lišću na dnu stajaćica ili tekućica (web 37).

Iako čiste vode u pravilu imaju bogatu faunu makrozoobentosa, u nekim područjima je zbog niske temperaturi i / ili relativno niske razine hranjivih tvari mala njihova raznolikost. Tako kod izvora mogu biti samo dvije dominantne skupine. Tu su zajednice sastavljene od makrozoobentosa koji uglavnom zahtjevaju visoke razine otopljenog kisika i netolerantni su na onečišćenja. Iako sve beskralješnjake možemo naći u takvim sredinama, ličinke Athericidae nastanjuju dna samo vrlo čistih tekućica (web 37).

Na nivou organizma, promjene u rastu i reprodukciji i stupnju morfoloških deformacija javljaju se kao odgovor na povećano zagađenje (Habdija, 1979). Zabilježene su deformacije glave kod ličinki roda *Chironomus* zbog industrijske i antropološke kontaminacije rižinih polja zapadnog Bengala (Saha i Mazumdar, 2013).

Pojedine vrste koriste se i kao bioindikatori za procjenu kvalitete vode kod bakterijskog zagađenja izazvanog prisustvom 5 bakterijskih vrsta (*Escherichia coli, Klebsiella pneumonia, Enterococcus faecalis, Streptococcus faecium, Proteus mirabilis*) (web 10). Ove bakterije su izolirane i u vodi i u tijelima različitih redova vodenih kukaca, između ostalih i ličinki roda Chironomidae. To su ujedno i jedine ličinke makrozoobentosa zabilježene u eutrofičnoj vodi (Machado i sur., 2014).

Od Diptera, kao bioindikatori kontaminacije bakrom i cinkom u stajaćim vodenim ekosustavima, promatrane su vrste roda *Chaoborus*. Koncentracije metala su znatno varirale i u sedimentima i u vodi, ali ne i u životinjama. To ukazuje da ti kukci reguliraju koncentracije ovih elemenata bez obzira na njihove trenutne koncentracije u staništu (web 10). Dok je kod ličinki Chironomidae u tekućicama, uz hidromorfološku degradaciju, cink utvrđen kao najvažniji čimbenik stresa (Milošević i sur., 2015).

3. ZAKLJUČAK

Kao bioindikatori se najčešće koriste kukci iz porodice Chironomidae koji, uz porodicu Simuliidae, prevladavaju u Hrvatskim vodama prema brojnosti zabilježenih vrsta. Obje porodice su karakteristične za vode bogate organskim tvarima, tj. onečišćene i vrlo produktivne vode. S obzirom na toleranciju na zagađenje koja je u sredini skale i iznosi 6 za Simuliidae, nije za očekivati ličinke u vrlo dobrim kao ni u vrlo ekološki lošim vodama. Vrste porodice Chironomidae su otpornije na promjene u životnoj sredini, tako da napreduju i u ekološki lošim vodama te postoje indikatorske vrste čije je prisustvo direktan pokazatelj zagađenja. S užim rasponom saprobnih vrijednosti, od 2.5 *Chironomus* sp. do 3.6 *Chironomus plumosus*, ove vrste predstavljaju bioindikatore onečišćenja okoliša.

Biomasa i sastav ličinki kukaca Diptera, zbog velike taksonomske i ekološke raznolikosti, predstavljaju važan alat za utvrđivanje trofičkih uvjeta u vodenim staništima.

4. LITERATURA

Britvec B 2004. Dvokrilci (Diptera) značajni za poljoprivredu i šumarstvo Hrvatske u svjetlu faunističkih istraživanja – dodatak. Agronomski glasnik 6/2004. ISSN 0002-1954

Chade JS. Macroinvertebrates as Bioindicators of Stream Health. Michigan Clean Water Corps, Department of Enviromental Quality

Docile TN, Figueiró R, Gil-Azevedo LH and Nessimian JL 2015. Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. Revista de biologia tropical Vol. 63 (3): 683-693

Habdija I 1979. Odnos između broja vrsta i organskog onečišćenja u gorskim potocima. Ekologija, 14 (1): 27–38.

Machado NG, Nassarden DCS, Santos F, Boaventura ICG, Perrier G, Souza FSC, Martins EL and Biudes MS 2015. Chironomus ličinkae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream. Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science ISSN 1980-993X-doi:10.4136/1980-993X

Marques MMGSM, Barbosa FAR and Callisto M 1999. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brasil. Rev. Brasil. Biol., 59(4): 553-561

McCafferty WP 1983. Aquatic Entomology. Jones and Barlett Publishers, Boston MA

Milošević Đ, Čerba D, Szekeres J, Csányi B, Tubić B, Simić V i Paunović M 2015. Artificial neural networks as an indicator search engine: Thevisualization of natural and man-caused taxa variability. Ecological Indicators, G Model ECOIND-2693; No. of Pages 13

Piria M, Rathman M i Mlađenović M 2004. Sastav makroskopskih beskralježnjaka potoka Blizneca, te drugog i trećeg maksimirskog jezera. Ribarstvo, 62, (2), 59—71

Popijač A, Lugić E. Vodeni insekti kao indikatori u monitoringu životne sredine i zaštiti prirode. Institut za primjenjenu ekologiju, Oikon d.o.o.

Saha D and Mazumdar A 2013. Deformities of Chironomus sp. ličinkae (Diptera: Chironomidae) as indicator of pollution stress in rice fields of Hooghly District, West Bengal. Journal of Today's Biological Sciences: Research & Review Vol. 2, Issue 2, page 44-54

Solimini A, Free G, Donohue I, Irvine K, Pusch M, Rossaro B, Sandin L and Cardoso AC 2006. Using benthic macroinvertebrates to assess ecological status of lakes current knowledge and way forward to support WFD Implementation. Technical Report EUR 22347, European Commission, J.R.C., Ispra. 48 str.

Takahashi MA, Higuti J, Bagatini YM, Zviejkovski IP and Velho LFM 2008. Composition and biomass of ličinkal chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. Acta Limnol. Bras., vol. 20, no. 1, p. 5-13.

Todosijević ID 2013. Indikatorska sposobnost dve grupe makrozoobentosa za procenu kvaliteta vode sliva reke Nišave. Prirodno-matematički fakultet, biblioteka 574.587:556.53(497.11 Niš)

Uredba o standardu kakvoće voda, Narodne novine broj 73/2013.

Web 1. http://bugguide.net/node/view/58174

Web 2. http://bugguide.net/node/view/186139

Web 3. http://bugguide.net/node/view/265377

Web 4. http://bugguide.net/node/view/529383

Web 5. http://bugguide.net/node/view/678226

Web 6. http://bugguide.net/node/view/863184

Web 7. http://eduidea.org/smotra2013/radovi/pdf_15.pdf

Web 8. http://fulir.irb.hr/284/1/Paliaga_ZS3V_2011-poster.pdf

Web 9. http://www.bio.bg.ac.rs/materijali_predmeta/metode-prikupljanja-akvaticnih-insekata.pdf

Web 10. http://www.bio.bg.ac.rs/materijali_predmeta/vodeni-insekti-kao-bioindikatori-i-mamci-za-salmonidne.pdf

Web 11. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=27

Web 12. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=28

Web 13. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=95

Web 14. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=374

Web 15. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=1854

Web 16. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=3505

Web 17. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=5030

Web 18. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=5031

Web 19. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=5036

Web 20. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=5177

Web 21. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=5254

Web 22. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=5288

Web 23. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=5395

Web 24. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=5945

Web 25. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=5978

Web 26. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=7235

Web 27. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=7331

Web 28. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=7814

Web 29. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=8458

Web 30. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=8675

Web 31. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=8943

Web 32. http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=8945

Web 33. http://www.diptera.info/showphoto.php?photo_id=10223

Web 34. http://www.fliessgewaesserbewertung.de/en/download/berechnung/

Web 35. http://www.hoskin.ca/catalog/index.php?main_page=product_info&products_id=969

Web 36. http://www.voda.hr/sites/default/files/metodologija_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elemenata_i_odluka.pdf

Web 37. http://www.water.ncsu.edu/watershedss/info/macroinv.html

Web 38. Kulaš A i Orlović A : Višegodišnje promjene u sastavu i strukturi hematofagnih mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae) na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera.

http://www.unizg.hr/rektorova/upload_2013/Vi%C5%A1egodi%C5%A1nje%20promjene%20u%20sastavu%20i%20strukturi%20hematofagnih%20mu%C5%A1ica%20svrbljivica%20(Diptera,%20Simuliidae)%20na%20sedrenim%20barijerama%20Plitvi%C4%8Dkih%20jezera;A%20Kula%C5%A1;%20A.%20Orlovi%C4%87.pdf

Web 39. Martinović-Vitanović V i Kalafatić V : Kvalitet vode Save na području Beograda u 2003. godini – saprobiološka analiza. Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Univerzitet u Beogradu, Beograd. Vodoprivreda 0350-0519, 36 (2004) 211-212 p. 385-391 http://www.vodoprivreda.net/wp-content/uploads/2014/08/kval.pdf

Web 40. Pekez M : Invazivne vrste vodenih beskralježnjaka u rijeci Dravi na području grada Osijeka. http://biologija.unios.hr/webbio/wp-content/uploads/2014/diplomski/znanstveni/maja.pekez.pdf