

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
BIOLOŠKI ODSJEK
Rooseveltov trg 6, Zagreb



i
EKO MONITORING d.o.o.
KUĆANSKA 15, VARAŽDIN

STUDIJA
UTVRĐIVANJE ODNOSA IZMEĐU ANTROPOGENOG
OPTEREĆENJA I MODULA OPĆE DEGRADACIJE
PREMA MAKROZOOBENTOSU U VRLO VELIKIM
RIJEKAMA



Zagreb, 2016.

**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
BIOLOŠKI ODSJEK
Rooseveltov trg 6, Zagreb**



i

**EKO MONITORING d.o.o.
KUĆANSKA 15, VARAŽDIN**

**STUDIJA
UTVRĐIVANJE ODNOSA IZMEĐU ANTROPOGENOG
OPTEREĆENJA I MODULA OPĆE DEGRADACIJE
PREMA MAKROZOOBENTOSU U VRLO VELIKIM RIJEKAMA**

Autori studije:

Izv. prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević
Doc. dr. sc. Gorazd Urbanič
Helena Antić Žiger, prof. biol. i kem.
Ivica Šoltić, dipl. ing. geot.

Zagreb, 2016.

Sadržaj studije

1.0 UVOD

- 1.1 Predmet i ciljevi istraživanja
- 1.2 Pregled nacionalnih metoda koje se koriste u EU državama za ocjenu opće degradacije, odnosno hidromorfoloških promjena u tekućicama
- 1.3 Pregled hidromorfoloških opterećenja koji su uzrokom hidroloških i morfoloških promjena u vrlo velikim rijekama Europe
- 1.4. Pregled rezultata do sada provedenog interkalibracijskog procesa u geografskim interkalibracijskim grupama koje su obuhvaćale tipove rijeka zajedničke s hrvatskim tipovima, s posebnim osvrtom na opću degradaciju na temelju makrozoobentosa

2.0 METODE RADA

- 2.1 Postaje istraživanja
- 2.2 Uzorkovanje i analiza makrozoobentosa
- 2.3 Hidromorfološki gradijent
- 2.4 Indeks riječne faune
- 2.4 Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji
- 2.5 Zemljišni pokrov (Corine land cover)
- 2.6 Korištene statističke metode

3.0 REZULTATI

- 3.1 Sastav zajednice makrozoobentosa
- 3.2 Utvrđivanje veze između postojećeg indeksa opće degradacije i antropogenog opterećenja
- 3.3. Odnos između makrozoobentosa i hidromorfološkog gradijenta (CCA)
- 3.4 Indeks riječne faune
- 3.5 Prijedlog novog multimetričkog indeksa (MMI)
- 3.6 Odnos između MMI i hidromorfološkog stanja dobivenog metodologijom ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja

4.0 SINTEZA, ZAKLJUČCI I PREPORUKE

1.0 UVOD

Fizikalno-kemijska te hidrološka i morfološka obilježja slatkih voda imaju krucijalan utjecaj na biološka zajednice, te se krajem prošlog stoljeća u znanstvenim krugovima zagovara integralan pristup u ocjenjivanju kakvoće vode. Iz tog razloga, početkom ovog stoljeća, prestaje praćenje isključivo organskog onečišćenja, eutrofikacije i toksičnih učinaka nekih spojeva na živi svijet, te započinje proces promatranja kakvoće cjelokupnog vodenog ekosustava. Do ovakve promjene dolazi zbog novijih spoznaja o snažnoj povezanosti između abiotičkih uvjeta, antropogenih pritisaka i biotičkih odgovora zajednice, te se intenzivno radi na razvoju ekoloških metoda vrednovanja i ocjenjivanja kakvoće. Ovakav razvoj je prisutan u SAD u vidu ocjenjivanja ekološkog integriteta, te u Europi u vidu uvođenja i primjene Okvirne direktive o vodama Europske unije. Do tada, monitoring programi bazirali su se uglavnom na odabranim fizikalno-kemijskim parametrima uzoraka vode. Biološke zajednice su dobri pokazatelji kakvoće vode jer integriraju uvjete okoliša tijekom duljeg razdoblja i ne zahtijevaju učestalo uzorkovanje, dok kemijske analize uglavnom prikazuju samo trenutačno stanje kakvoće, te su potrebna učestala uzorkovanja.

Budući da kopnene vode predstavljaju neprocjenjivi resurs, od iznimne važnosti za opstojnost ljudske populacije, Europska unija usvojila je 2000. godine Okvirnu direktivu o vodama (ODV) koja je namijenjena očuvanju kopnenih slatkovodnih voda, tranzicijskih i priobalnih voda. ODV pruža opsežan pogled na vodene ekosustave i gospodarjenje vodom sa ciljem postizanja "dobrog ekološkog stanja" svih vodenih tijela. Osim što promovira dobro ekološko stanje voda, direktiva potiče i dobro kemijsko stanje voda. ODV stavlja ekologiju kopnenih voda kao osnovu u određivanju ekološkog stanja, što je pak baza za donošenja odluka u vodnom gospodarstvu. Prema ODV biološki elementi kakvoće (BEK) čine bazu za određivanje ekološkog stanja, a osnovni-fizikalno kemijski elementi i hidromorfološki elementi su suportivni elementi. Poštujući specifičnosti svake zemlje članice, pokrenuti su mnogi znanstveno-istraživački projekti radi tipizacije voda, određivanja referentnih uvjeta i razvoja sustava vrednovanja. Diljem Europe prikupljene su velike baze podataka koju koriste slatkovodni ekolozi, što je rezultiralo publiciranjem niza znanstvenih radova i boljem poznavanju distribucije pojedinih vrsta te sastava i strukture akvatičkih zajednica. Nadalje, značajno je prošireno znanje o čimbenicima okoliša, koji oblikuju akvatičke zajednice, a podatci su se koristili i za potrebne drugih EU direktiva (Direktiva o staništima, Natura 2000). Poradi zahtjeva ODV, u zemljama EU razvijeni su sasvim novi modeli i sustavi ocjene

ekološkog stanja temeljem BEK. Sustavi ocjene inkorporirani su u monitoring programe, čiji rezultati predstavljaju bazu za donošenje odluka za provedbu mjera u Planovima upravljanja vodnim područjima.

Prema ODV makrozoobentos je jedan od obaveznih bioloških elemenata kakvoće. Bentički makroskopski beskralješnjaci (makrozoobentos) predstavljaju jedan od ključnih bioloških elemenata za ocjenu ekološkog stanja slatkih voda, jer posjeduju određene prednosti pred drugim skupinama vodenih organizama. Zbog relativno dugog životnog vijeka i ograničene pokretljivosti, veće ili manje promjene ekoloških uvjeta u okolišu kao što su promjena fizikalnih svojstava vode (brzine, temperature, svjetla), kemijskog sastava vode (količina otopljenih soli, kisika i ugljik (IV)-oksida), sezonske i dnevne promjene režima protoka vode imaju za posljedicu promjenu u strukturi i brojnosti zajednice. Dakle, sastav zajednice makrozoobentosa odraz je ekoloških prilika koje vladaju na staništu uključujući i različite antropogene pritiske: organsko i anorgansko onečišćenje, toksične tvari, kiselost te hidromorfološke promjena vodotoka. Nadalje, bentoski makroskopski beskralješnjaci nisu jednako osjetljivi na različite biotičke i abiotičke čimbenike u okolišu. Posljedično, struktura zajednice makroskopskih beskralješnjaka, te prisutnost odnosno odsutnost pojedinih vrsta, koristi se kao pokazatelj kakvoće voda, te većina država ima svoj sistem klasifikacije temeljem makrozoobentosa koji se koristi prilikom ocjene kakvoće voda. Sustavi biotičkih indeksa (metrika) razvijeni su kako bi se čitavoj zajednici, odnosno specifičnim biološkim indikatorima dala brojčana vrijednost.

Od 2007. godine u Hrvatskoj je pokrenuto nekoliko projekata s ciljem određivanja tipologije površinskih voda te razvoja tip specifičnog modela vrednovanja tekućica i stajaćica. Tijekom navedenih projekata prikupljeni su brojni podatci jedinstvenom metodologijom koja je sukladna ODV. Znanstveno-istraživački projekti predstavljali su osnovu razvoja metodologija ocjene ekološkog stanja voda. Način uzorkovanja, obrade i analize uzoraka te postupak izračunavanja bioloških pokazatelja/indeksa i omjera ekološke kakvoće, propisane su Metodologijom uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće sukladno članku 19. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13). Budući da se radi o kompleksnim istraživanjima, pojedini segmenti ocjene ekološkog stanja još uvijek nisu u potpunosti riješeni, posebice utvrđivanje veze između vodenih zajednica i pritisaka (engl. pressure-impact relationship). Slična situacija je i u drugim zemljama EU te se postojeći sustavi vrednovanja modificiraju temeljem novih spoznaja odnosno nakon analiza rezultata iz proširenih baza podataka.

1.1 Predmet i ciljevi istraživanja

Za donošenje odluka u vodnom gospodarstvu od neobične je važnosti za svaki biološki element identificirati pojedine indekse (metrike) na temelju sastava i strukture zajednica te biološke indikatore koji odgovaraju na antropogene utjecaje na predvidljiv način i omogućiti klasifikaciju ekološkog stanja na temelju funkcionalnih veza između opterećenja i odziva bioloških zajednica. Ovaj je postupak iznimno zahtjevan i kompleksan te je za potrebe izrade planova upravljanja riječnim slovom 2009. godine gotovo polovica članica EU razvila sustave ocjene temeljem BEK, koji nisu bili testirani na pojedine stresore te su se u velikoj mjeri bazirali na ekspertnoj procjeni.

Jedan od osnovnih problema s kojim se susreću članice EU je ocjena ekološkog stanja velikih tekućica, često radi nedostatnih podataka za definiranje gradijenta pritiska te odsustva referentnih uvjeta, jer su upravo velike rijeke izložene najsnažnijim antropogenim pritiscima. Hidromorfološke promjene su u Europskoj uniji prepoznate kao jedan od najznačajnijih opterećenja u velikim rijekama. Za razliku od mnogih europskih zemalja, u Sloveniji i Hrvatskoj još uvijek se mogu pronaći odsječci vrlo velikih rijeka, posebice u pograničnom području s Mađarskom, koje su u relativno prirodnom stanju. No, u Hrvatskoj nije bilo moguće razviti sustav ocjene ekološkog stanja koji bi se bazirao na odzivu pojedinih BEK na specifične pritiske jer nije bilo dovoljno podataka s loših i jako antropogeno utjecanih postaja.

Donedavno, makrozoobentos se je koristio uglavnom kao pokazatelj organskog opterećenja. No, u recentno vrijeme utvrđeno je da je makrozoobentos dobar pokazatelj hidromorfoloških promjena. Takva istraživanja su najvećim dijelom provedena na potocima i manjim rijekama, dok su publikacije o utjecaju hidromorfoloških promjena na makrozoobentos velikih rijeka malobrojne.

Klasifikacijski sustav ocjene ekološkog stanja u Hrvatskoj je propisan Uredbom o standardu kakvoće voda iz 2013. i 2015. godine. Pema Uredbi za ocjenu ekološkog stanja vrlo velikih rijeka (tipovi 5b i 5c; Sava, Drava i Mura) na temelju makrozoobentosa potrebno je izračunati dva modula: saprobnost (određivanje utjecaja opterećenja rijeka organskim tvarima) te opća degradacija (određivanje utjecaja ukupnih antropogenih promjena): **Modul saprobnost** izračunava se temeljem slijedećih indeksa: hrvatski saprobni indeks (SIHR), ukupan broj svojti (UBS), udio oligosaprobnih indikatora (OSI %) i BMWP bodovni indeks (BMWP).

Modul opća degradacija izračunava se temeljem sljedećih indeksa: Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H), Udio svojiti koje preferiraju šljunkoviti, valutičasti i pjeskoviti tip supstrata (ALP %), Udio pobirača/sakupljača(P/S %) i Indeks biocenotičkog područja (IBR). Navedeni indeksi nisu bili testirani na pojedine stresore te su se bazirali na ekspertnoj procjeni.

Temeljem Ugovora o uslugama (Investitor: Hrvatske vode; evid. broj ugovora: 10-085/15) i postavljenog projektnog zadatka za elaborat „Utvrđivanje odnosa između antropogenog opterećenja i modula opće degradacije prema makrozoobentosu u vrlo velikim rijekama“ postavljeni su sljedeći ciljevi:

- 1) Izraditi proširenu bazu podataka s rezultatima analiza sastava i strukture zajednice makrozoobentosa kako bi se dobio gradijent opterećenja koji je potreban za statističke analize.
- 2) Sa istih mjernih postaja prikupiti podatke o fizikalno-kemijskim analizama vode, zemljišnom pokrovu (engl. Corine Land Cover), *in situ* ocjeni riječnog staništa te podatke o vodnim građevinama (pregradama i branama) radi analize hidroloških i morfoloških promjena.
- 3) Kvantificirati prikupljene podatke kako bi se dobio potreban hidromorfološki gradijent.
- 4) Utvrditi u kojoj mjeri indeksi (metrike) modula Opća degradacija (Uredba o standardu kakvoće voda 2013; 2015) reagiraju na pojedina opterećenja, a posebno na hidromorfološke promjene.
- 5) U slučaju potrebe predložiti nove metrike koje pokazuju direktnu vezu s pritiscima, a posebice hidromorfološkim gradijentom
- 6) utvrditi vezu između multimetričkog indeksa i ocjene hidromorfoloških pokazatelja u skladu s prilogom 11b Uredbe o standardu kakvoće voda iz 2013. godine

1.2 Pregled nacionalnih metoda koje se koriste u EU državama za ocjenu opće degradacije, odnosno hidromorfoloških promjena u tekućicama

Pregled nacionalnih metoda, odnosno bioloških elemenata kakvoće koji su osjetljivi na dva najzastupljenija pritiska (opća degradacija i hidromorfologija) u tekućicama EU, preuzet je s internetske stranice istraživačkog EU projekta Wiser (<http://www.wiser.eu/results/method-database>). Kako bi se detektirao utjecaj više vrsta prisutnih opterećenja u vodnom tijelu, u pojedinim članicama EU razvijene su multimetrijske metode ocjene ekološkog stanja, koje odgovaraju na opću degradaciju površinske vode. Opća degradacija je kategorija opterećenja koja nije jednoznačna i u različitim članicama obuhvaća jedno ili više različitih opterećenja, poput opterećenja organskim, hranjivim ili toksičnim tvarima i hidromorfološke promjene. Prema dosadašnjim znanstvenim spoznajama makrozoobentos, ribe i makrofiti su biološki elementi koji su dobri pokazatelji opće degradacije i hidromorfoloških promjenama. S obzirom na opću degradaciju i hidromorfološke promjene u članicama EU razvijene su 33 metode temeljene na makrozoobentosu (tablica 1), 22 na ribama (tablica 2) i 16 na makrofitima (tablica 3). No, otprilike 1/3 metoda temeljem makrozoobentosa i riba te 2/3 metoda za makrofite nisu testirane te nije utvrđena veza s općom degradacijom, odnosno na hidromorfološkim promjenama u tekućicama. Najmanje metoda u članicama EU razvijeno je za makrofite, jer vrlo često makrofiti u vrlo velikim rijekama nisu razvijeni ili pak je prisutan vrlo mali broj vrsta što uvelike otežava razvoj sustava za ocjenu. Kao što je prikazano u tablicama 1-3, metrike bazirane na pojedinim BEK većinom pokazuju korelaciju s varijablama koje su uključene u opću degradaciju (različita kombinacija varijabli koje uključuju jednu ili više pritisaka: pokazatelji režima kisika, hranjivih tvari, morfološke promjene u koritu tekućica i hidrološke promjene). Dakle, hidromorfološke promjene su uglavnom uključene u tzv. opću degradaciju. Iako je unutar EU razvijeno čitav niz metoda kojima se ocjenjuje hidromorfološko stanje tekućica, one uglavnom nisu kvantificirane u dovoljnoj mjeri te nisu razvijeni sustavi ocjene koji direktno povezuju biološke zajednice s hidromorfološkim pritiskom. Također većina metoda pokriva samo morfološku komponentu te se uglavnom popisuju morfološke karakteristike staništa u odnosu na tzv. referentno stanje. Malobrojne su metode koje kvantificiraju i hidrološke varijable (npr. utjecaj i udaljenost od brana), te ih dovode u vezu s biološkim zajednicama. Takve metode razvijene su u Austriji i Češkoj i temelje se na ribama, te u Sloveniji gdje se temelje na makrozoobentosu. Što se tiče makrofita, uglavnom se zajednica dovodi u vezu s hranjivim tvarima, odnosno zemljišnim

pokrovom te jedino metoda razvijena u Austriji uzima u obzir stupanj promijenjenosti obale, odnosno obaloutvrde.

Tablica 1. Metode razvijene u članicama EU temeljem makrozoobentosa, a ukazuju na opću degradaciju, odnosno hidromorfološke promjene (OD-opća degradacija, Hy-Mo - hidromorfološke promjene; 1, C – utvrđena veza između pritiska i makrozoobentosa; * - detektiran pritisak ili se radi o morfološkim varijablama korita tekućice koje su sastavni dio multimetričkog indeksa opće degradacije).

Metoda	Država	OD	Hy-Mo	C
Type specific multimetric	Španjolska	1		1
Global biological index normalized	Belgija	1		1
River Invertebrate Classification Tool	UK	1	*	1
Ecological status assessment system for rivers using benthic invertebrates	Slovenia	*	1	1
Estimation of freshwater quality using macroinvertebrates	Estonia	*	*	
STAR Intercalibration Common Metric Index	Cipar	1	*	1
Assessment of the biological quality elements - part benthic invertebrates	Austria	1	*	1
Assessment system for rivers using macrozoobenthos indicators	Litva	*		
Average Score per Taxon	Švedska	1		1
Assessment method for ecological status of water bodies based on macroinvertebrates	Rumunjska	1		
Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders	Belgija	1	*	1
Finnish multimetric index	Finska	*		
Global biological normalized index	Francuska	1		1
WFD-metrics for natural watertypes	Nizozemska	1	1	1
Macroinvertebrate-based assessment method for rivers	Madžarska	*	*	
Slovak assessment of benthic invertebrates in rivers	Slovačka	1	*	1
Czech system for ecological status assessment of rivers using benthic macroinvertebrates	Češka	1	*	1
MacOper, based on STAR_ICM index calculation	Italija	1	*	1
Rivers Biological Quality Assessment Method - Benthic Invertebrates	Portugal	1	*	1
Danish Streamfauna Index	Danska		*	*
Assessment system for rivers using fish - macrozoobenthos - macrophytes - diatoms	Liuksemburg	*	*	
Iberian Multimetric index based on Macroinvertebrates (using quantitative data)	Španjolska	1		1
Assessment method for rivers using benthic invertebrates	Njemačka	1	*	1
Iberian Biomonitoring Working Party	Španjolska	*	*	
Latvian Macrozoobenthos Common Metric	Letonija	1		1
WFD-metrics for natural watertypes	Nizozemska	*	*	
Global Biological Index adapted for channels	Belgija	1		1
Quality Rating System	Irska	1		1
Global biological index normalized	Luksemburg	*		
Polish BMWP verified by modified Margalef diversity index	Poljska	*		
STAR Intercalibration Common Metric Index	Grčka	1	*	1
Average Score per Taxon	Norveška	*		
Procjena ekološkog stanja tekucica temeljem makrozoobentosa	Hrvatska	*	*	

Tablica 2. Metode razvijene u članicama EU temeljem zajednice riba, a ukazuju na opću degradaciju, odnosno hidromorfološke promjene (OD-opća degradacija, Hy-Mo - hidromorfološke promjene; 1, C – utvrđena veza između pritiska i zajednice riba; * - detektiran pritisak ili se radi o hidro-morfološkim varijablama tekućice koje su sastavni dio multimetričkog indeksa opće degradacije).

Metoda	Država	OD	Hy-Mo	C
Biological Index for Fish Integrity	Belgija	1		
Fish Index Austria	Austrija	1	1	1
Flemish Index of Biotic Integrity	Belgija	1	*	1
Assessment method of rivers using Lithuanian fish index	Litva	1		1
Environmental quality criteria to determine the status of fish in running waters	Švedska	1	*	1
Finnish River Fish Index	Finska	1		1
Fish Biotic Index	Francuska	1	*	1
Ecological Quality Index of Hungarian Riverine Fishes	Mađarska	*		
Netherlands References and Metrics for Fish in Small Rivers	Nizozemska	1	*	1
Netherlands References and Metrics for Fish in Large Rivers	Nizozemska	1	*	1
Fish Index of Slovakia	Slovačka	1		1
Assessment system for rivers using fish - macrozoobenthos - macrophytes - diatoms	Liuksemburg	*	*	
New European Fish Index	Rumunjska	*	*	
Czech national method of the river ecological status classification according to the fish biocoenosis	Češka	1	1	1
Fish-based Assessment System	Njemačka	*	*	
Rivers Biological Quality Assessment Method - Fish Fauna Wadeable Streams	Portugal	1	*	1
Spanish Fish Index	Španjolska		*	
Netherlands References and Metrics for Fish in Large Rivers	Nizozemska	1	*	1
The Estonian fish-based assessment method for the ecological classification of rivers	Estonia	*	*	
Fisheries Classification Scheme 2	UK	1		1
Index of Ecological Status of Fish Communities	Italija	*	*	
Fish Biotic Index	Luksemburg	*	*	

Tablica 3. Metode razvijene u članicama EU temeljem makrofita, a ukazuju na opću degradaciju, odnosno hidromorfološke promjene (OD-opća degradacija, Hy-Mo - hidromorfološke promjene; 1, C – utvrđena veza između pritiska i makrofita; * - detektiran pritisak).

Metoda	Država	OD	Hy-Mo	C
Macrophyte Biological Index for Rivers	Belgija	1	*	1
Ecological Classification of Rivers using Macrophytes	UK		*	
Austrian Index Macrophytes for Rivers	Austrija	1	*	1
Flemish macrophyte assessment system	Belgija	*	*	
Biological Macrophytes Index for Rivers	Francuska	*	*	
WFD-metrics for natural watertypes	Nizozemska	*	*	
Slovak assessment of macrophytes in rivers	Slovačka	*	*	
German Assessment System for Macrophytes and Phytobenthos according to the EU WFD	Njemačka	1	*	1
Assessment system for rivers using fish - macrozoobenthos - macrophytes - diatoms	Liuksemburg	*	*	
Macrophyte Index for Rivers	Poljska	1		1
Macrophyte Biological Index for Rivers	Italija	1		1
BQE: Macrophytes	Litva	*		
WFD-metrics for natural watertypes	Nizozemska	*	*	
The Hungarian Macrophyte Guidance	Mađarska	*	*	
HR metoda za procjenu makrofita	Hrvatska		*	

1.3 Pregled hidromorfoloških opterećenja koji su uzrokom hidroloških i morfoloških promjena u vrlo velikim rijekama Europe

Hidromorfološke promjene su izazvane antropogenim utjecajem na hidrološki režim, odnosno morfologiju rijeka. Uključuju izgradnju brana, ustave, kanaliziranje rijeka i vodotoka, obaloutvrde, hidrotehničke stepenice, regulaciju obala i prekidanje veza s poplavnim nizinama i rukavcima, plovidba i s njom povezane mjere te izuzimanje vode za potrebe vodoopskrbe, poljoprivrede i dr. Hidromorfološko opterećenja vodnog tijela uzrokuje slijedeće promjene u riječnim i povezanim ekosustavima:

a. Prekid riječnog i stanišnog kontinuiteta (longitudinalne povezanosti)

Regulacijske pregrade su ključni elementi koji uzrokuju prekid kontinuiteta rijeka i staništa. Najčešće korištene regulacijske pregrade su brane i pragovi, a izgrađuju se prije svega radi potreba za hidroenergijom, opskrbe vodom i zaštite od poplava. Kao dugački linearni ekosustavi, rijeke i potoci su izrazito osjetljivi na presijecanje. Uzdužna povezanost je ključna za optimalno funkcioniranje riječnih ekosustava. Prisutnost poprečnih prepreka i građevina u riječnim koritima ima ozbiljne ekološke posljedice jer je spriječen prirodan tok vode, nanosa, vodenih organizama i drvenih ostataka. Kako mnoge vrste u velikoj mjeri ovise o različitim stanišnim karakteristikama, naročito za reprodukciju, neophodan je prolaz uzvodno i nizvodno.

b. Razdvajanje susjednih močvarnih/poplavnih područja

Lateralna povezanost rijeke i poplavnog područja vrlo je važno obilježje relevantno za procjenu morfoloških promjena. Glavni uzroci smanjivanja močvarnih područja su prošireno korištenje u poljoprivredne svrhe i regulacije rijeka, uglavnom radi kontrole poplava. Mjere za poprečne građevine, nasipi, kanaliziranje, ojačanje i učvršćivanje obale te produbljivanje mijenjaju dužinu i poprečni profil rijeke i često ometaju povezanost s podzemnim vodama. Kao rezultat toga, nestaju specifična riječna staništa. Prekid veza s podzemnim vodama djeluje na hidrološki režim rijeke i ekosustava ovisnih o podzemnim vodama. Izgradnja nasipa i drugih hidrotehničkih građevina najvažniji su strukturalni elementi koji ograničavaju poplavljanje poplavnih područja tijekom redovnih poplava.

c. Hidrološke promjene

Hidrološke promjene odnose se na pritiske koji su posljedica formiranja akumulacija, zahvaćanja vode i oscilacija vodnog lica (engl. hydropeaking), odnosno izmijenjenog režima protoka. Formiranje akumulacije dovodi do značajnih promjena /smanjenja brzine strujanja vode i akumuliranja finog sedimenta. Zahvaćanje vode u komunalne, industrijske,

poljoprivredne i druge svrhe, dovodi do promjene kakvoće i protoka tekućice. Oscilacije vodnog lica dovode do promjene protoka duž rijeke, a ključni pokretač su hidroelektrane.

d. Morfološke promjene

Ključne pokretačke silnice morfoloških promjena riječnih staništa uključuju zaštitu od poplava, plovidbu, hidroenergetske zahvate i urbanizaciju. Glavni uzroci morfoloških promjena uključuju

promjene riječne geometrije, supstrata, poprečnog i uzdužnog presjeka kanala, strukture obale i lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja. Vodotocima s visokim stupnjem prirodnosti će upravljati dinamički procesi, što dovodi do vremenskih i prostornih varijacija u širini i dubini, ali i u nizu fizičkih obilježja staništa, tipovima podloga, toku, svojstvima taloženja i erozije itd. Ove prirodne varijacije u tlocrtnom obliku često nestaju kao rezultat modifikacije i normalizacije kanala.

Hrvatske vode imaju veliko iskustvo u zaštiti od poplava, ali uglavnom kroz tehničke (građevinske) mjere koje često negativno djeluju na ekološko stanje. Objedinjena revitalizacija vodotoka se promatra kao perspektivni alat za smanjivanje hidromorfoloških pritisaka kako bi se ispunili ciljevi ODV-a, Direktive o pticama (2009/147/EZ, EK, 2009.), Direktive o staništima (92/43/EEZ, EK, 1992.) i Direktive o poplavama (2007/60/EZ; EK, 2007.).

1.4. Pregled rezultata do sada provedenog interkalibracijskog procesa u geografskim interkalibracijskim grupama koje su obuhvaćale tipove rijeka zajedničke s hrvatskim tipovima, s posebnim osvrtom na opću degradaciju na temelju makrozoobentosa

Budući da je svaka članica EU razvila vlastitu metodologiju ocjene ekološkog stanja prema načelima ODV, u odjeljku 1.4.1. Priloga V. Direktive 2000/60/EZ predviđen je postupak kojim će se osigurati usporedivost rezultata biološkog praćenja država članica kao središnjeg dijela klasifikacije ekološkog stanja. Postupak usporedbe rezultata biološkog praćenja i klasifikacijskih sustava praćenja država članica provodi se putem interkalibracijske mreže. Dakle, interkalibracijski proces provodi se s ciljem izmjene iskustava i omogućavanja međusobne usporedivosti rezultata. Osmišljen je kako bi se osiguralo da vrijednosti, dodijeljene od strane svake države članice EU za dobro ekološko stanje budu usporedive među državama članicama. U Direktivi 2000/60/EZ zahtijeva se da države članice prema potrebi prikupe potrebne podatke za riječne tipove uključene u interkalibracijsku mrežu kako bi se mogla ocijeniti usklađenost klasifikacija nacionalnog sustava praćenja s normativnim definicijama odjeljka 1.2. Priloga V. Direktive 2000/60/EZ i usporedivost rezultata klasifikacija sustava praćenja između država članica. Države članice su radi provođenja postupka interkalibracije organizirane u nekoliko geografskih interkalibracijskih skupina: Alpska, Središnja-Baltička, Istočna kontinentalna, Mediteranska i Sjeverna. Postupak interkalibracije provodi se na razini bioloških elemenata, uspoređujući rezultate klasifikacije nacionalnih sustava praćenja za svaki biološki element i za svaki zajednički tip vodnog tijela površinske vode između država članica u istoj geografskoj interkalibracijskoj skupini. Interkalibracijske skupine za rijeke čija je veličina slivnog područja $< 10000 \text{ km}^2$ završio je s radom. Budući da Hrvatska nije bila članica u vrijeme kada su završeni postupci interkalibracije, nije sudjelovala u istim, te ima obvezu sama provesti postupak za zajedničke tipove koji su interkalibrirani. Tipovi hrvatskih rijeka pripadaju istočno kontinentalnoj i mediteranskoj interkalibracijskoj skupini.

Hrvatska dijeli slijedeće tipove rijeka unutar istočno kontinentalne interkalibracijske grupe:

- R-E2 - srednje velike nizinske rijeke,
- R-E3 - velike nizinske rijeke,
- R-EX5 - male nizinske rijeke,
- R-EX6 - male prigorske rijeke,
- R-EX7 - male prigorske vapnenačke rijeke,
- R-EX8 - male do srednje velike, vapnenačke, krškog izvora.

Tipovi hrvatskih rijeka koji su zajednički s članicama mediteranske interkalibracijske grupe su:

R-M1 – male mediteranske rijeke

R-M2 – srednje velike mediteranske rijeke

R-M5 – rijeke povremenog toka

Posebna interkalibracijska skupina organizirana je za vrlo velike rijeke, čiji je postupak u tijeku, a trebao bi završiti 22. prosinca 2016. Hrvatska sudjeluje u navedenom interkalibracijskom postupku i očekuje se da navedeni bude uspješno završen. Princip rada interkalibracijskog postupka sastoji se u slijedećem:

- a) Članice dostavljaju tražene podatke o sastavu i brojnosti makrozoobentosa, fizikalno-kemijskim obilježjima voda, zemljišnom pokrovu i dr.
- b) Nakon objedinjavanja baze podataka, određuju se najprikladnije metrike iz skupine funkcionalnih, osjetljivih/tolerantnih i diverzitetnih metrika, koje se dovode u vezu s pritiscima. Multimetrički indeks odgovara skupini pritisaka odnosno pripisuje se općoj degradaciji.
- c) Temeljem Pearsonovog koeficijenta korelacije određuju se granice klasa vrlo dobro/dobro i dobro/umjereno.
- d) Države članice trebaju rezultate postupka interkalibracije primijeniti na svoje nacionalne klasifikacijske sustave kako bi se uspostavile međusobno usporedive granice između vrlo dobrog i dobrog stanja te između dobrog i umjerenog stanja za sve svoje nacionalne tipove.

2.0 METODE RADA

2.1 Postaje istraživanja i metodologija uzorkovanja

U ovoj studiji koristili smo podatke o sastavu i strukturi makrozoobentosa s 44 postaje (Tablica 4) na vrlo velikim rijekama; Muri, Dravi i Savi (veličina sliva $>10000 \text{ km}^2$) (Slika 1). Podatci su preuzeti iz slijedećih izvora: Urbanič (2009, 2011, 2014), Urbanič i sur. (2013) i Mihaljević i sur. 2011. Uzorci su prikupljeni u periodu od 2006. – 2012., frekvencijom jednom godišnje, ali su neke postaje uzorkovane višekratno tijekom navedenog razdoblja. Ukupno su analizirani podatci za 86 prikupljenih uzoraka. Uzorkovana su sva raspoloživa mikrostaništa (engl. „multi-habitat sampling“) na pojedinoj mjernoj postaji, pri čemu se prikupljalo 20 poduzoraka raspoređenih razmjerno udjelu mikrostanišnih tipova, s time da se mikrostanište koje je bilo zastupljeno s manje od 5% nije uzorkovalo, ali se zabilježilo u protokolu. Mikrostanišni tip predstavlja kombinaciju anorganskog i organskog supstrata. Poduzorak se prikupio podizanjem podloge koju čini supstrat s pripadajućim životinjama s površine veličine $25 \times 25 \text{ cm}$ ($0,0625 \text{ m}^2$). Za svaki uzorak brojnost pojedinih svojiti preračunata je no površinu od 1 m^2 . Detaljni opisi uzorkovanja i obrade uzoraka opisani su u Mihaljević i sur. (2011) i Urbanič (2014).

Tablica 4. Istraživane postaje s geografskim koordinatama

Rijeka/akumulacija	Postaja	Veličina sliva	geografska dužina	geografska širina
Mura	Konjišče	10272	15° 49' 14.05"	46° 43' 09.61"
Mura	Mele	10332	16° 01' 23.70"	46° 39' 42.56"
Mura	Petanjci	10384	16° 03' 01.33"	46° 38' 57.14"
Mura	Mali Bakovci	10444	16° 07' 40.95"	46° 36' 26.52"
Mura	Bunčani	10450	16° 08' 54.06"	46° 35' 54.76"
Mura	Melinci	10479	16° 13' 21.85"	46° 34' 18.67"
Mura	Mota	10501	16° 16' 14.81"	46° 32' 25.75"
Mura	Gornja Bistrica	10501	16° 16' 17.19"	46° 32' 25.27"
Mura	Gibina-Brod	10506	16° 18' 15.10"	46° 31' 26.71"
Mura	Peklenica	10930	16° 28' 30.04"	46° 30' 38.98"
Mura	Goričan	11731	16° 41' 52.61"	46° 24' 53.45"
Drava	Tribej	11720	14° 58' 36.12"	46° 36' 12.72"
Drava	Dravograd	12293	15° 01' 26.20"	46° 35' 18.05"
Drava	Brezno	12693	15° 18' 54.41"	46° 35' 43.42'
Drava	Ruše	12986	15° 30' 29.76"	46° 32' 45.01"
Drava	Bresternica	13082	15° 35' 49.61"	46° 34' 04.14"
Drava	Mariborski otok	13091	15° 36' 49.15"	46° 34' 03.56"
Drava	Zgornji Duplek	13189	15° 42' 50.70"	46° 31' 04.91"
Drava	Starše	13270	15° 46' 12.72"	46° 28' 31.40"
Drava	Slovenja vas	13287	15° 48' 46.69"	46° 26' 38.84"
Drava	Krčevina pri Ptuju	13288	15° 49' 59.99"	46° 26' 24.97"
Drava	Ptuj	13361	15° 52' 08.43"	46° 25' 03.91"
Akumulacija Ptuj	Akumulacija Ptuj 1	13361	15° 52' 07.04"	46° 25' 04.25"
Akumulacija Ptuj	Akumulacija Ptuj 2	13381	15° 53' 20.75"	46° 24' 38.19"
Drava	Ranca	13380	15° 53' 20.75"	46° 24' 38.19"
Drava	Borl	14300	15° 59' 24.99"	46° 22' 07.26"
Drava	Križovljan-grad	14363	16° 06' 57.21"	46° 23' 08.24"
Akumulacija Ormož	Akumulacija Ormož 1	14998	16°09' 25.48"	46° 24' 07.65"
Akumulacija Ormož	Akumulacija Ormož 2	15032	16° 10' 07.34"	46° 23' 50.51"
Drava	Grabe	15079	16° 15' 15.07"	46° 23' 05.88"
Drava	Botovo	31038	16° 55' 45.30"	46° 14' 53.55"
Drava	Terezino Polje	33916	17° 27' 52.83"	45° 56' 37.74"
Drava	Donji Miholjac	37142	18° 11' 58.32"	45° 46' 59.46"
Drava	Belišće	38500	18° 24' 37.62"	45° 41' 59.01"
Drava	Višnjevac	39982	18° 38' 24.94"	45° 34' 30.54"
Sava	Jesenice na Dolenjskem	10411	15° 41' 29.64"	45° 51' 39.61"
Sava	Drenje	10997	15° 41' 15.79"	45° 51' 44.38"
Sava	Zagreb, Jankomir	12316	15° 51' 10.41"	45°47' 36.20"
Sava	Galdovo	12884	16° 23' 53.45"	45°27' 59.06"
Sava	Jasenovac	30068	16° 53' 41.42"	45° 15' 48.60"
Sava	Davor	40838	17° 31' 09.29"	45° 06' 33.85"
Sava	Slavonski Šamac	62288	18° 30' 16.77"	45° 03' 30.13"
Sava	Županja	62891	18° 40'47.40"	45° 05' 34.14"
Sava	Račinovci	64073	18° 57'40.21"	44° 51' 05.00"



Slika 1. Položaj istraživanih postaja na Muri, Dravi i Savi

2.2 Hidromorfološki gradijent

Za određivanje hidromorfoloških pritisaka koristili smo pet hidromorfoloških indeksa sustava SIHM (Tavzes i Urbanič 2009, Urbanič 2014):

- a) indeks kakvoća riječnih staništa (RHQ),
- b) indeks promijenjenosti riječnih staništa (RHM),
- c) indeks hidrološke promijenjenosti (HLM),
- d) indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM),
- e) indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM).

Formule za računanje pojedinih indeksa s dodatnim pojašnjenjima prikazani su u tablicama 5-7 i slici 2.

Tablica 5. Hidromorfološki indeksi korišteni prilikom izračunavanja hidromorfološkog gradijenta s različitim stupnjem antropogenih pritisaka

Indeks	Legenda
1) Indeks kakvoće riječnih staništa (RHQ)	<u>Scbf – značajke obalne zone; Sccf – značajke riječnog korita; Scrf - značajke riparijske vegetacije; ScLu – korištenje zemljišta unutar 50 m od obale; Scf – pojedina obilježja u riječnom odsječku od 500 m</u>
$RHQ = Sc_{bf} + Sc_{cf} + Sc_{rf} + Sc_{lu} + Sc_f$	
2) Indeks promijenjenosti riječnih staništa (RHM)	<u>Sc_{bmo} – promijenjene značajke obalne zone; Sc_{cmo} – promijenjene značajke riječnog korita</u>
$RHM = Sc_{bmo} + Sc_{cmo}$	
3) Indeks hidrološke promijenjenosti (HLM)	
A) Postaja nizvodno od ujezerenja	HLM _{mc} – hidrološka promijenjenost glavnog riječnog korita u mjestu uzorkovanja; HLM _t vrijednost hidrološke promijenjenosti pritoke koja na ušću pripada istoj veličinskoj kategoriji sliva kao i mjesto uzorkovanja; HLM _{t1} vrijednost hidrološke promijenjenosti pritoke čija je veličina sliva na ušću manja za jednu klasu u odnosu na mjesto uzorkovanja; HLM _{t2} vrijednost hidrološke promijenjenosti pritoke čija je veličina sliva na ušću manja za dvije klase u odnosu na mjesto uzorkovanja; HLM _{t3} vrijednost hidrološke promijenjenosti pritoke čija je veličina sliva na ušću manja za tri klase u odnosu na mjesto uzorkovanja; <i>n, m, l, k</i> broj pritoka koje pripadaju istom razredu s obzirom na veličinu sliva.
$HLM = \frac{1000 * HLM_{mc} + 1000 * \sum_{i=1}^n HLM_{t_i} + 100 * \sum_{i=1}^m HLM_{t_{i1}} + 10 * \sum_{i=1}^l HLM_{t_{i2}} + \sum_{i=1}^k HLM_{t_{i3}}}{1000 + n * 1000 + m * 100 + l * 10 + k}$	
$HLM_{(mc,t)} = lb + k * \frac{di - lbd}{ubd - lbd}$	HLM _(mc,t) hidrološka promijenjenost glavnog riječnog korita (mc) u mjestu uzorkovanja ili pritoke (t); <i>lb</i> niža HLM granična vrijednost, definirana temeljem udaljenosti od uzvodnog ujezerenja (Appendix 4); <i>k</i> koeficijent u ovisnosti od veličine ujezerenja (Appendix 4); <i>di</i> udaljenost od ujezerenja; <i>ubd</i> gornja HLM granična vrijednost na osnovu udaljenosti od uzvodnog ujezerenja; <i>lbd</i> donja HLM granična vrijednost na osnovu udaljenosti od uzvodnog ujezerenja.
B) Postaja uzorkovanja unutar ujezerenja	HLM _(imp) hidrološka promijenjenost postaje unutar ujezerenja; <i>lb</i> niža HLM granična vrijednost (Appendix 5); <i>ub</i> visa HLM granična vrijednost; <i>il</i> dužina ujezerenja; <i>ul</i> uzvodna udaljenost od barijere.
$HLM_{(imp)} = lb + (ub - lb) * \frac{ul - il}{il}$	
4) Indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM)	nRHM normalizirana vrijednost indeksa promijenjenosti riječnih staništa, HLM indeks hidrološke promijenjenosti, <i>w</i> težina morfološkog dijela indeksa, (1- <i>w</i>) težina hidrološkog dijela indeksa. Težinske vrijednosti koje se koriste prilikom izračuna HMM indeksa definirane su temeljem razlika između morfološkog dijela (nRHM) i hidrološkog dijela HMM indeksa (HLM) (Appendix 6).
$HMM = w * nRHM + (1 - w) * HLM$	
5) Indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM)	nRHQ normalizirana vrijednost indeksa kakvoće riječnih staništa, nRHM normalizirana vrijednost indeksa promijenjenosti riječnih staništa, HLM indeks hidrološke promijenjenosti; <i>w</i> težinska vrijednost morfološkog dijela indeksa; (1- <i>w</i>) težinska vrijednost hidrološkog dijela indeksa.
$HQM = w * \frac{(nRHM + nRHQ)}{2} + (1 - w) * HLM$	

Tablica 6. Klasifikacijski sustav indeksa hidrološke promijenjenosti (HLM) s prikazom gornjih (ub) i donjih (lb) graničnih vrijednosti za tri tipa HLM ujezerenja te gornjih (ubd) i donjih (lbd) graničnih vrijednosti za udaljenost od ujezerenja.

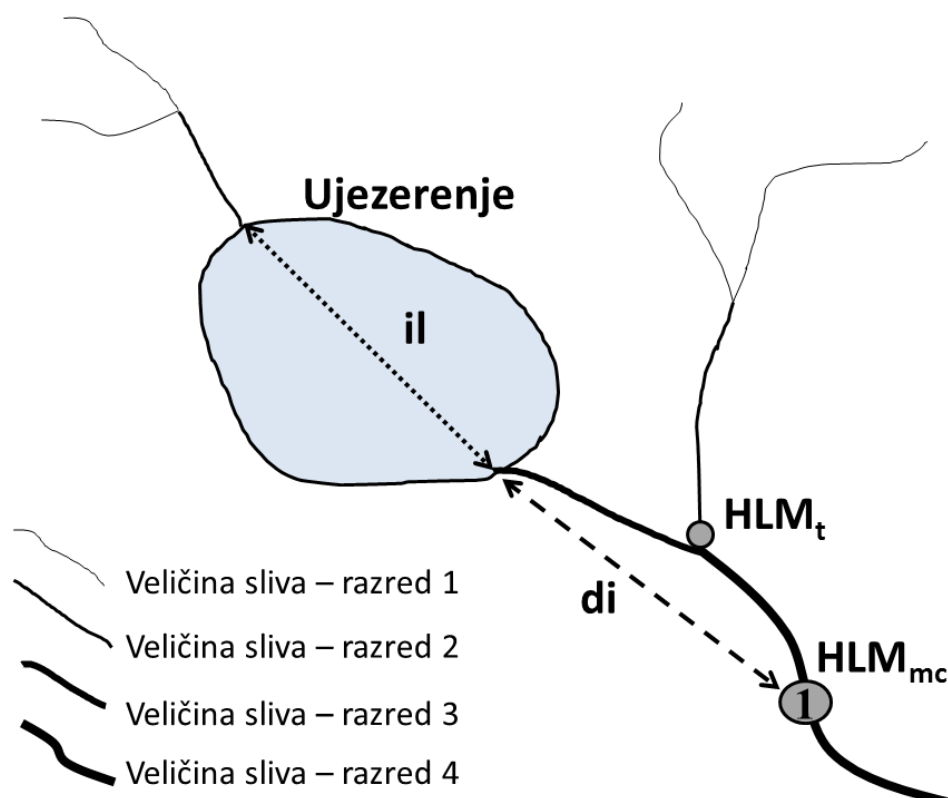
Tip ujezerenja	Veliko		Srednje veliko		Malo	
Udaljenost od ujezerenja (km) (lbd - ubd)	HLM (lb - ub)	HLM razred	HLM (lb - ub)	HLM razred	HLM (lb - ub)	HLM razred
0-0.1	0-0.2	5	0.5-0.6	3	0.75-0.80	2
0.1-1	0.2-0.4	4	0.6-0.7	2	0.80-0.85	1
1.0-5.0	0.4-0.6	3	0.7-0.8	2	0.85-0.90	1
5.0-10.0	0.6-0.8	2	0.8-0.9	1	0.90-0.95	1
10.0-50 ili više; bez uzvodnih ujezerenja	0.8-1	1	0.9-1	1	0.95	1

Tablica 8. Gornje (ub) i donje (lb) granične vrijednosti indeksa hidrološke promijenjenosti (HLM) za tri HLM tipova ujezerenja.

HLM tip ujezerenja	Opis	Početak ujezerenja - ub	Blizu brane - lb
Veliki	Akumulacije s vremenom pohrane, odnosno zadržavanja vode, dulje od jednog dana (Tavzes & Urbanič, 2009).	0.2	0
Srednje veliki	Plitke akumulacije, često s preljevom na brani (engl. low-head dams) te kratkim vremenom zadržavanja vode (manje od jednog dana).	0.6	0.5
Mali	Plitka ujezerenja sa stalnim preljevom (engl. low-head dams) te vrlo kratkim vremenom zadržavanja vode.	0.8	0.75

Tablica 7. Izračun morfoloških (w) i hidroloških težinskih vrijednosti ($1-w$) za potreba indeksa hidromorfološke promijenjenosti (HMM) i indeksa hidrološke kakvoće i promijenjenosti (HQM) temeljem razlika klasa između morfološkog (M) i hidrološkog (H) dijela indeksa.

Razlike razreda (M razred - H razred)	Morphološka težina (w)	Hydrološka težina ($1-w$)
-4	0.1	0.9
-3	0.2	0.8
-2	0.3	0.7
-1	0.4	0.6
0	0.5	0.5
4	0.6	0.4
3	0.7	0.3
2	0.8	0.2
1	0.9	0.1



Slika 2. Shematski prikaz potrebnih informacija za izračun indeksa hidromorfološke promijenjenosti (HLM) na postaji 1. d_i = dužina do ujezerenja. l_i = dužina ujezerenja. HLM_t = vrijednost HLM pritoka na ušću u glavno korito. HLM_{mc} = vrijednost HLM glavnog korita na mjestu uzorkovanja 1.

Za izračun indeksa HQM indeks RHQ i RHM dobivene vrijednosti potrebno je normalizirati. U navedenu svrhu korištene su referentne vrijednosti za hidromorfološke tipove velikih rijeka iz rada Urbanič (2014). Za tip HR-R_5B (nizinske vrlo velike tekućice – donji tok Mure i srednji tok Save i Drave) koristili smo referentne vrijednosti za velike rijeke s razgranatim koritom (engl braided river) (RHQ = 327, RHM = 0), dok smo za tip HR-R_5C (nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Save i Drave) koistili referentne vrijednosti za velike reke s jednstvenim koritom (RHQ = 237, RHM = 0). Za oba tipa korištene su jednake najlošije vrijednosti (RHQ = 112, RHM = 116). Rasponi vrijednosti hidromorfoloških indeksa uz pripadajući medijan, srednju vrijednost i standardnu devijaciju prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Raspon vrijednosti hidromorfoloških indeksa vrlo velikih rijeka. Nor – normaliziran

Indeks	minimum	maksimum	srednja vrijednost	medijan	standardna deviacija
RHQ	43,50	324,25	217,98	225,15	61,92
RHM	0,00	116,00	37,78	32,00	34,76
HLM	0,00	1,00	0,62	0,86	0,39
RHQ _{nor}	0,00	1,00	0,59	0,62	0,28
RHM _{nor}	0,00	1,00	0,63	0,68	0,33
HMM	0,00	1,00	0,55	0,68	0,34
HQM	0,00	1,00	0,57	0,75	0,32

2.3 Postojeći indeksi opće degradacije

Ekološka kakvoća tekućica u Hrvatskoj, određuje se prema modulu saprobnost i opća degradacija (OpDeg) (Uredba o standardu kakviće vode, 2013). Za donji tok Mure i srednji tok Save i Drave (tip HR_R_5B) te za donji tok Save i Drave (HR_R_5C) koriste se dva različita multimetrička indeksa opće degradacije. Svaki od multimetričkih indeksa sastoji od pet odnosno četiri metrike (Mihaljević i sur., 2011):

HR_R_5B Nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Mure i srednji tok Save i Drave

$$\text{OpDeg} = \frac{\text{H} + \text{RI} + \text{ALP}\% + \text{P/S}\% + \text{IBC}}{5}$$

Metrike

Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H)

Ritron indeks (RI)

Udio prefer. Akal+Lital+Psa sups. (ALP %)

Udio pobirača/sakupljača (P/S %)

Indeks biocenotičkog područja (IBR)

HR_R_5C Nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Save i Drave

$$\text{OpDeg} = \frac{H + \text{ALP}\% + \text{P/S}\% + \text{IBC}}{4}$$

Metrike

Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H)

Udio prefer. Akal+Lital+Psa sups. (ALP %)

Udio pobirača/sakupljača (P/S %)

Indeks biocenotičkog područja (IBR)

2.4 Indeks riječne faune

Indeks riječne faune za velike rijeke bio je izrađen temeljem podataka s velikih rijeka (veličina sliva <1000 km²) (Urbanič, 2014). Za izračun indeksa riječne faune za velike rijeke (RFI_{VR}) koristimo slijedeću formulu:

$$\text{RFI}_{VRj} = \frac{\sum_{i=1}^n ac_i \times Rf_i \times HW_i}{\sum_{i=1}^n ac_i \times HW_i}$$

Gdje je:

ac_i – razred brojnosti svojte i

Rf_i – vrijednost riječne faune svojte i

HW_i – hidromorfološka indikatorska težina svojte i

Hidromorfološke indikatorske vrijednosti i indikatorske težine bile su određene za 315 svojti makrozoobentosa na temelju odnosa sa hidromorfološkim indeksima sustava SIHM (Urbanič 2014). U navedenu svrhu korištena je kanonička analiza podudarnosti (CCA analiza). U ovoj

studiji su bile određene hidromorfološke indikatorske vrijednosti i indikatorske težine za svojte makrozoobentosa, koje su zabilježene u setu od 134 uzoraka velikih rijeka (Mura, Drava, Sava, Kupa, Una) ali još nisu imale određene indikatorske vrijednosti. Podatci o sastavu i strukturi makrozoobentosa korišteni prilikom navedene analize preuzeti su iz Mihaljević i sur. (2011) i Urbanič (2014). Korišten je posve jednaki postupak kao i u radu Urbanič (2014). Hidromorfološke indikatorske vrijednosti odnosno vrijednosti riječne faune (Rfi) bile su određene korištenjem vrijednosti svojti (species scores) prve CCA osi (engl. biplot scaling):

$$Rf_i = \frac{SC_CCA1_i}{SC_CCA1_{\max}} \quad \dots(2)$$

Gdje je:

SC_CCA1_i - vrijednosti prve CCA osi svojte *i*,

SC_CCA1_i – apsolutna maksimalna vrijednost svojti prve CCA osi.

Hidromorfološke indikatorske težine (HM_i) bile su određene temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (engl. root mean squared deviation for species) prve CCA osi prema tablici 10.

Tablica 10. Način određivanja hidromorfološke težine (HM_i) pojedinih svojti temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (root mean squared deviation for species) prve CCA osi.

Tolerantna vrijednost (t_i)	HM_i
t _i < 0.2	5
0.2 < t _i < 0.4	4
0.4 < t _i < 0.6	3
0.6 < t _i < 0.8	2
t _i > 0.8	1

2.4 Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji

Vrijednosti za odabrane fizikalno-kemijske pokazatelje vode za 44 istraživane postaje prikazane su u tablici 11. Podatci su preuzeti iz baze Hrvatskih voda te iz slijedećih izvora: Urbanič (2009, 2011, 2014) i Urbanič i sur. (2013). Frekvencija uzorkovanja radi analiza fizikalno-kemijskih pokazatelja iznosila je 4 ili 12 puta godišnje. Za svaku istraživanu postaju izračunat je medijan vrijednosti za pojedinu godinu.

Tablica 11. Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji vode na istraživanim postajama

Parameter	minimum	maksimum	srednja vrijednost	medijan	standardna devijacija
Elektrovodljivost_medijan (uS/cm)	262,00	539,00	335,29	334,00	51,29
Otopljeni kisik_medijan (mg/L)	7,40	12,00	9,56	9,50	0,81
Zasićenje kisikom_medijan (mg/L)	80,00	112,40	90,17	89,00	5,93
Suspendirana tvar_medijan	2,40	56,00	9,59	7,30	6,72
KPK_K ₂ Cr ₂ O ₇ _medijan (mg/L)	2,50	53,10	7,26	6,15	5,74
BPK ₅ _medijan (mg/L)	0,70	2,85	1,26	1,20	0,40
Ortofosfat_medijan (mg/L)	0,00	0,24	0,05	0,03	0,05
Ukupni dušik_medijan (mg/L)	0,84	2,34	1,59	1,52	0,40
Amonij_medijan (mg/L)	0,01	0,30	0,07	0,05	0,07
Nitrit_medijan (mg/L)	0,01	0,14	0,04	0,03	0,03
Nitrat_medijan (mg/L)	0,78	2,01	1,32	1,28	0,32

2.5 Zemljišni pokrov (engl. Corine land cover)

Za zemljišni pokrov koristili smo podatke iz baze CORINE land cover data 2007 (CLC 2007; European Environmental Agency; www.eea.europa.eu/). Prikupili smo podatke za pet parametra zemljišnog pokrova (tablica): prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5), urbana područja (CLC razred 1), ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4) i intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2).

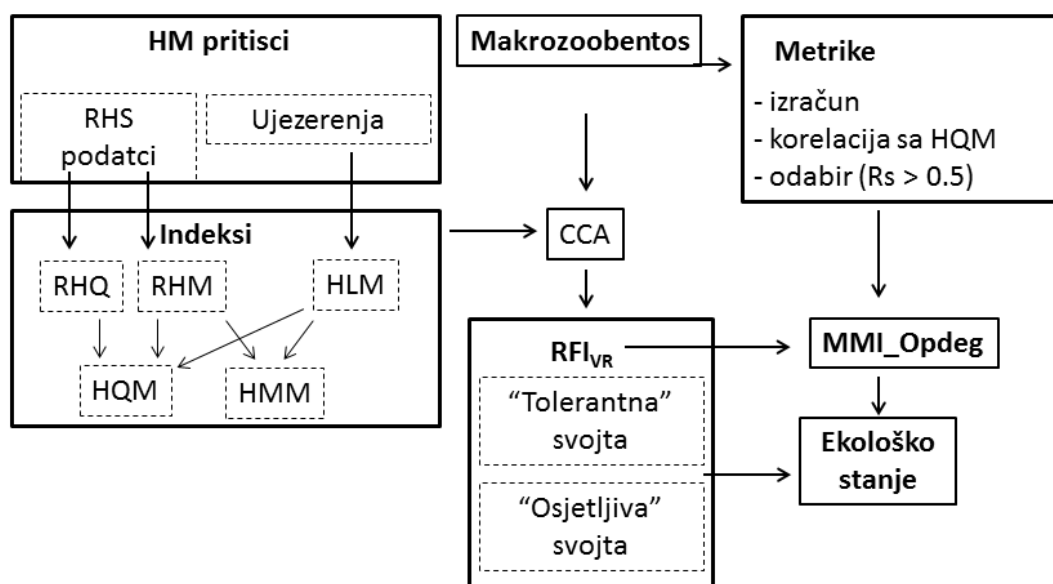
Obilježja zemljišnog pokrova istraživanih vrlo velikih rijeka prikazana su u tablici 12.

Tablica 12. Obilježja zemljišnog pokrova slivovnog područja vezanog uz istraživane postaje

Parametar	minimum	maksimum	srednja vrijednost	medijan	standardna devijacija
Urbano (%)	0,02	0,05	0,04	0,03	0,01
Poljoprivredno (%)	0,19	0,43	0,26	0,24	0,07
Prirodno (%)	0,55	0,79	0,71	0,72	0,07
Intenzivno-poljoprivredno (%)	0,08	0,26	0,13	0,12	0,05
Ekstenzivno-poljoprivredno (%)	0,10	0,19	0,13	0,12	0,02

2.6 Korištene statističke metode

Shema korištene procedure (Slika 3) prikazuje postupke i statističke analize koje su korištene prilikom analize podataka. Temeljem odnosa između hidromorfoloških indeksa i zajednice makrozoobentosa provedena je kanonička analiza podudarnosti (CCA analiza) te su određene indikativne vrijednosti za indeks riječne faune velikih rijeka. Korištenjem Spearmanovih korelacija testiran je odnos između metrika korištenih u postojećem indeksu opće degradacije za vrlo velike rijeke u Hrvatskoj te hidromorfoloških indeksa, parametra zemljišnog pokrova i fizikalno-kemijskih pokazatelja. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za novi multimetrički indeks (MMI_Opdeg) određene su temeljem promjena postotnog udjela tolerantnih i osjetljivih svojti duž gradienta indeksa opće degradacije. Pomoću box and whisker dijagrama testiran je odnos između novog indeksa opće degradacije (i pripadajućih granica ekološkog stanja) i ocjene hidromorfoloških pokazatelja u skladu s prilogom 11b Uredbe o standardu kakvoće voda (2013). Za statističke analize korišteni su statistički paketi SPSS 21.0 (SPSS Inc., 2012) i Canoco 5 (Ter Braak i Šmilauer 2013).



Slika 3. Shematski prikaz korištene procedure i analiza. HM – hidromorfološki, RHS – engl. river habitat survey, RHQ – indeks kakvoće riječnih staništa, RHM – indeks promijenjenosti riječnih staništa, HLM – indeks hidrološke promijenjenosti, HMM – indeks hidromorfološke promijenjenosti, HQM – indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti, CCA – kanonična analiza podudarnosti, RFI – indeks riječne faune, Rs – Spearmanova korelacija,

2.7 Hidromorfološki elementi kakvoće (Prilog 11b Uredbe o standardu kakvoće voda, 2013)

Ukupno stanje vodnog tijela određeno je najlošijom vrijednošću za slijedeće hidromorfološke elemente:

- hidrološki režim (V_{Qudy} - quantity and dynamics of water flow + V_{Cogw} - connection to ground water bodies – uzima se najlošija vrijednost)
- kontinuitet rijeke (V_{Rclo} + V_{Rcla} - River continuity (lo – longitudinalni, la – lateralni))
- morfološki uvjeti (V_{Chpt} - channel pattern + V_{dwva} - river depth and width variation + V_{rbst} - structure and substrate of the river bed + V_{rzst} - structure of the riparian zone)

Granice između kategorija hidromorfološkog stanja prikazane su u tablici 13.

Tablica 13. Granice klasa za hidromorfološke elemente.

Vrijednost	Stanje
<0,05	vrlo dobro
0,051 - 0,2	dobro
0,21 - 0,5	umjereno
0,51 - 0,8	loše
>0,81	vrlo loše

Temeljem navedenog modela hidromorfološke ocjene koji se trenutno koristi u Hrvatskoj morfološki uvjeti su loši i određuju ukupno hidromorfološko stanje na dionicama velikih rijeka gdje vlada plovni režim. Rijeka Drava je međunarodni vodni put od ušća u Dunav do Donjeg Miholjca, u duljini od 70 kilometara i to IV. klase plovnosti do luke Osijek (14 rkm), III. klase plovnosti od Osijeka do Belišća (14 – 55,5 rkm) i II. klase od Belišća do Donjeg Miholjca (22,0 – 70,0 rkm). Nastavno, do Terezinog Polja, odnosno rijeke Ždalice (70,0 – 151,0 – 198,6 rkm) Drava je međudržavni vodni put II. klase plovnosti. Rijeka Sava je međunarodni vodni put od granice sa Srbijom do Siska, u duljini od 383,2 kilometra i to IV. klase plovnosti do Slavenskog Broda, odnosno III. klase plovnosti uzvodno od Slavenskog Broda.

REZULTATI

3.1 Sastav zajednice makrozoobentosa

U prikupljenim uzorcima u Muri, Dravi i Savi ukupno su zabilježene 263 svojte (Tablica 14). Od svih zabilježenih svojti, deset pripada kategoriji stranih vrsta. Većina svojti su relativno rijetke jer su zabilježena u jednom ili dva uzoraka (Slika 4), dok se njih petnaestak nalazilo u 40 ili više uzoraka (Slika 5). U uzorcima su se najčešće pojavljivali predstavnici maločetinaša (Oligochaeta) iz porodice Tubificidae (bez nitastih četina), hironomidne ličinke iz porodice Orthoclaadiinae te plemena Chironomini i predstavnik rakušaca *Gammarus fossarum*.

Tablica 14. Lista svojti zabilježenih u vrlo velikim rijekama

Skupina	Porodica	Svojta	Autohtona (1)
Turbellaria	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	1
Turbellaria	Dugesidae	<i>Dugesia gonocephala</i>	1
Turbellaria	Dugesidae	<i>Dugesia lugubris/polychroa</i>	1
Turbellaria	Dugesidae	<i>Dugesia tigrina</i>	0
Turbellaria	Planariidae	<i>Polycelis nigra/tenuis</i>	1
Nematoda		Nematoda Gen. sp.	1
Oligochaeta	Enchytraeidae	Enchytraeidae Gen. sp.	1
Oligochaeta	Haplotaxidae	<i>Haplotaxis gordioides</i>	1
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Eiseniella tetraedra</i>	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	Lumbriculidae Gen. sp.	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Rhynchelmis</i> sp.	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus heringianus</i>	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus</i> sp.	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Chaetogaster</i> sp.	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Dero</i> sp.	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais</i> sp.	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Ophidonais serpentina</i>	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Pristina</i> sp.	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Stylaria lacustris</i>	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Uncinais uncinata</i>	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Vejdovskiella</i> sp.	1
Oligochaeta	Propappidae	<i>Propappus volki</i>	1
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Aulodrilus pluriseta</i>	1
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	0
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Peloscolex</i> sp.	1
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Peloscolex velutina</i>	1
Oligochaeta	Tubificidae	Tubificidae juv. without setae	1

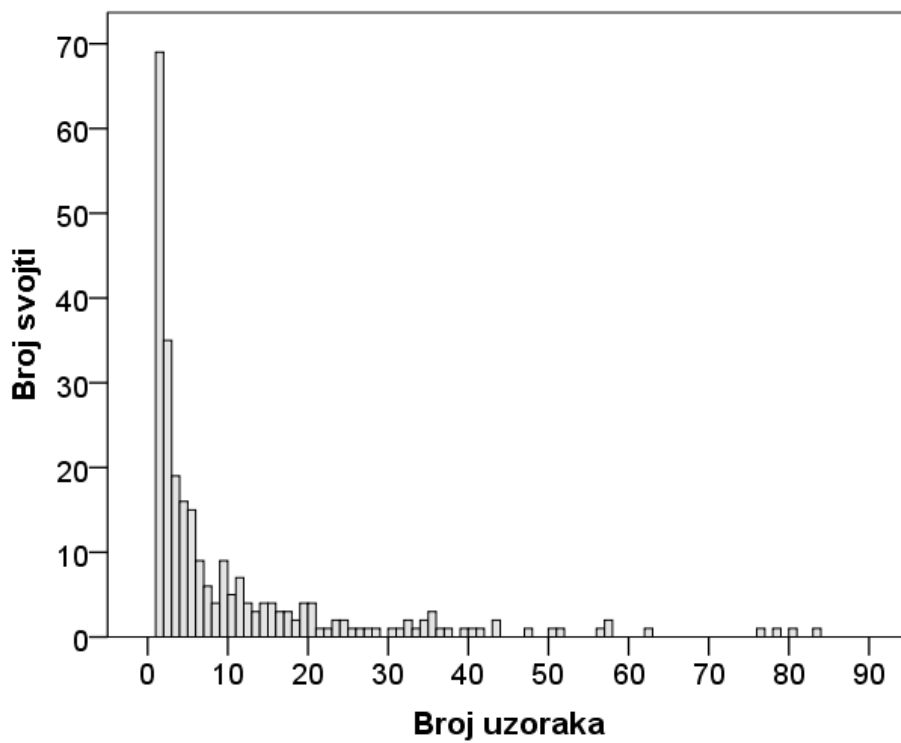
Oligochaeta	Tubificidae	Tubificidae juv. with setae	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Dina punctata</i>	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella nigricollis</i>	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i> sp.	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella testacea</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia concolor</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia paludosa</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia</i> sp.	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia verrucata</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Hemiclepsis marginata</i>	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Theromyzon tessulatum</i>	1
Hirudinea	Haemopidae	<i>Haemopsis sanguisuga</i>	1
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	1
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola haranti</i>	1
Gastropoda	Ancylidae	<i>Acroloxus lacustris</i>	1
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	1
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	1
Gastropoda	Valvatidae	<i>Borysthenia naticina</i>	1
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	1
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	1
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Sadleriana</i> sp.	1
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>	1
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica/labiata</i>	1
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica</i>	1
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix labiata</i>	1
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Esperiana acicularis</i>	1
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Esperiana esperi</i>	1
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Holandriana holandrii</i>	1
Gastropoda	Neritidae	<i>Theodoxus danubialis</i> ssp.	1
Gastropoda	Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	1
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	1
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus crista</i>	1
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i> ssp.	1
Gastropoda	Valvatidae	<i>Viviparus viviparus</i>	1
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	0
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Musculium lacustre</i>	1
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp.	1
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Sphaerium corneum</i>	1
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Sphaerium</i> sp.	1
Bivalvia	Unionidae	<i>Sinanodonta woodiana</i>	0
Bivalvia	Unionidae	<i>Unio crassus</i> ssp.	1
Bivalvia	Unionidae	<i>Unio pictorum</i> ssp.	1

Bivalvia	Unionidae	<i>Unio tumidus</i> ssp.	1
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	0
Arachnida	Hydrachnidia	Hydrachnidia Gen. sp.	1
Amphipoda	Crangonyctidae	<i>Synurella ambulans</i>	1
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	1
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus roeselii</i>	1
Amphipoda	Corophiidae	<i>Corophium curvispinum</i>	0
Amphipoda	Gammaridae	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	0
Amphipoda	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	0
Amphipoda	Niphargidae	<i>Niphargus</i> sp.	1
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	1
Isopoda	Janiridae	<i>Jaera istri</i>	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis buceratus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Nigrobaetis digitatus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis fuscatus/scambus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis liebenauae</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis lutheri</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Alainites muticus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis scambus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis vardarensis</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis vernus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis buceratus/vernus</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Centroptilum luteolum</i>	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Centroptilum</i> sp.	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	1
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemerella notata</i>	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemerella mucronata</i>	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Torleya major</i>	1
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i>	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Ecdyonurus</i> sp.	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Epeorus sylvicola</i>	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Heptagenia</i> sp.	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Heptagenia sulphurea</i>	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Rhithrogena</i> sp.	1
Ephemeroptera	Leptophlebidae	<i>Habroleptoides confusa</i>	1
Ephemeroptera	Leptophlebidae	<i>Habrophlebia fusca</i>	1
Ephemeroptera	Leptophlebidae	<i>Habrophlebia lauta</i>	1
Ephemeroptera	Leptophlebidae	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	1
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	<i>Oligoneuriella rhenana</i>	1
Ephemeroptera	Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	1
Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus aestivalis</i>	1
Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus</i> sp.	1

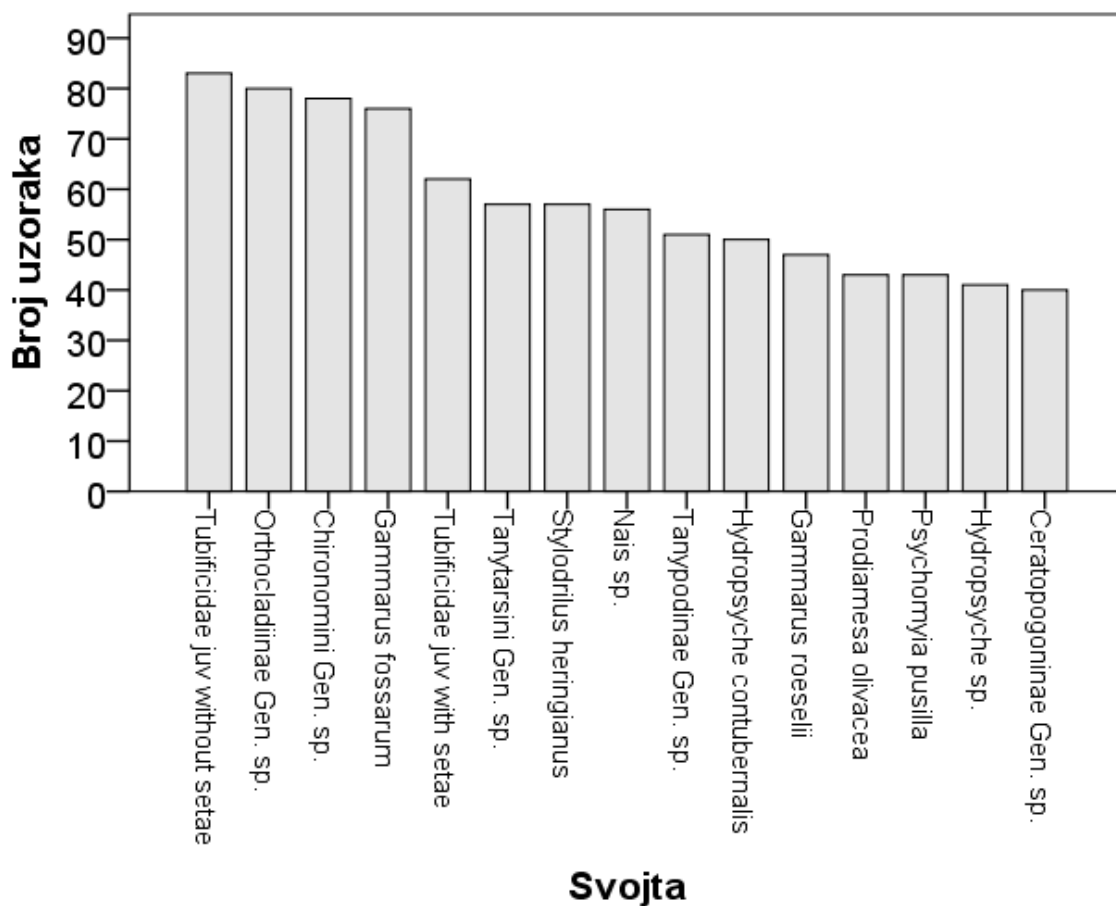
Plecoptera	Chloroperlidae	<i>Chloroperla</i> sp.	1
Plecoptera	Chloroperlidae	<i>Xanthoperla apicalis</i>	1
Plecoptera	Capniidae	<i>Capnia</i> sp.	1
Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp.	1
Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i> sp.	1
Plecoptera	Nemouridae	<i>Protonemura</i> sp.	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	1
Plecoptera	Perlodidae	<i>Isoperla</i> sp.	1
Plecoptera	Perlodidae	<i>Isoperla</i> sp.	1
Plecoptera	Perlodidae	<i>Perlodes</i> sp.	1
Plecoptera	Taeniopterygidae	<i>Brachyptera</i> sp.	1
Odonata	Calopterygidae	<i>Calopteryx virgo</i>	1
Odonata	Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma cyathigerum</i>	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma viridulum</i>	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i>	1
Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae Gen. sp.	1
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster heros</i>	1
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus</i> sp.	1
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	1
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus flavipes</i>	1
Odonata	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus forcipatus</i>	1
Odonata	Gomphidae	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	1
Odonata	Platycnemididae	<i>Platycnemis pennipes</i>	1
Heteroptera	Aphelocheiridae	<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	1
Heteroptera	Corixidae	Corixinae Gen. sp.	1
Heteroptera	Corixidae	<i>Micronecta</i> sp.	1
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis fuliginosa</i>	1
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis lutaria</i>	1
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis nigripes</i>	1
Hymenoptera	Agrytipidae	<i>Agriotypus armatus</i>	1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Platambus maculatus</i> Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Esolus</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Esolus</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Oulimnius</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Oulimnius</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Riolus</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Riolus</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i> Lv.	1
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp. Lv.	1
Coleoptera	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp. Ad.	1
Coleoptera	Hydraenidae	<i>Ochthebius</i> sp. Ad.	1

Trichoptera	Brachycentridae	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	1
Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus laniger</i>	1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma conformis</i>	1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma intermedium</i>	1
Trichoptera	Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	1
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>	1
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo piceus</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche bulbifera</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis contubernalis</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche incognita</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche modesta</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche ornatula</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche siltalai</i>	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.	1
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	1
Trichoptera	Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes cinereus</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Ceraclea annulicornis</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Ceraclea dissimilis</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides longicornis</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides nigra</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis notata</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Setodes punctatus</i>	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Anabolia furcata</i>	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus digitatus</i>	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus radiatus</i>	1
Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae Gen. sp.	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Limnephilus extricatus</i>	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Potamophylax rotundipennis</i>	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.	1
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Philopotamus</i> sp.	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Lype reducta</i>	1
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	1
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Tinodes</i> sp.	1
Trichoptera	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. str. sp.	1
Trichoptera	Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i>	1
Trichoptera	Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	1

Diptera	Anthomyidae	<i>Limnophora</i> sp.	1
Diptera	Anthomyidae	<i>Lispe</i> sp.	1
Diptera	Athericidae	<i>Atherix ibis</i>	1
Diptera	Athericidae	<i>Ibisia marginata</i>	1
Diptera	Athericidae	<i>Ibisia</i> sp.	1
Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae Gen. sp.	1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Brillia bifida</i>	1
Diptera	Chironomidae	Chironomini Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus obtusidens</i> -Gr.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i> -Gr.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus thummi</i> -Gr.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Corynoneura</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	Diamesinae Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Monodiamesa</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Paratendipes</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Potthastia longimana</i> -Gr.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Procladius</i> sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Prodiamesa olivacea</i>	1
Diptera	Chironomidae	<i>Prodiamesa rufovittata</i>	1
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	Tanytarsini Gen. sp.	1
Diptera	Chironomidae	<i>Thienemanniella</i> sp.	1
Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae Gen. sp.	1
Diptera	Empididae	Clinocerinae Gen. sp.	1
Diptera	Empididae	Hemerodromiinae Gen. sp.	1
Diptera	Limoniidae	<i>Antocha</i> sp.	1
Diptera	Limoniidae	Chioneinae Gen. sp.	1
Diptera	Limoniidae	<i>Hexatoma</i> sp.	1
Diptera	Limoniidae	Limnophilinae Gen. sp.	1
Diptera	Limoniidae	Limoniinae Gen. sp.	1
Diptera	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.	1
Diptera	Pediciidae	<i>Pedicia</i> sp.	1
Diptera	Psychodidae	Psychodidae Gen. sp.	1
Diptera	Psychodidae	Psychodidae Gen. sp.	1
Diptera	Psychodidae	Psychodidae Gen. sp.	1
Diptera	Ptychopteridae	<i>Ptychoptera</i> sp.	1
Diptera	Simuliidae	<i>Prosimulium</i> sp.	1
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	1
Diptera	Syrphidae	Syrphidae Gen. sp.	1
Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops</i> sp.	1
Diptera	Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp.	1
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	1
Lepidoptera	Pyrilidae	<i>Nymphula stagnata</i>	1



Slika 4. Frekvencija pojavljivanja pojedinih svojti u uzorcima



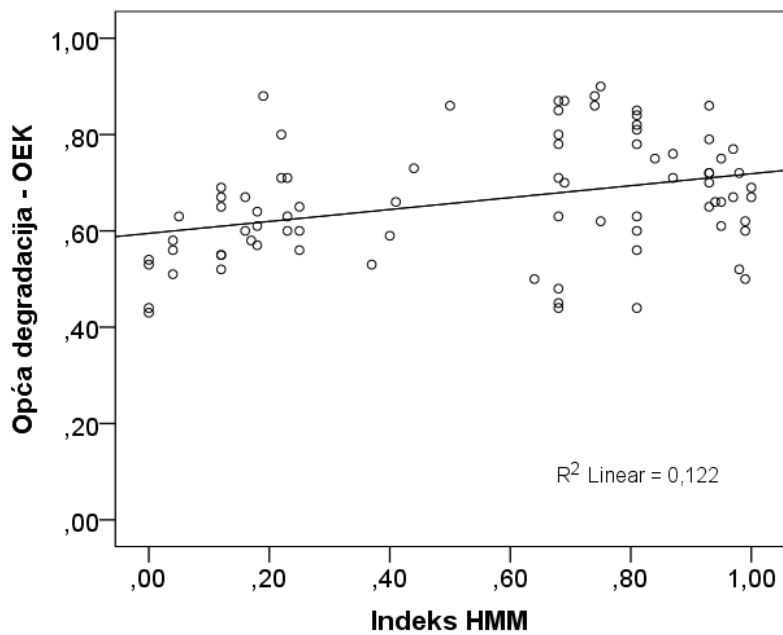
Slika 5. Svojte koje se najčešće pojavljuju u uzorcima.

3.2 Utvrđivanje veze između postojećeg indeksa opće degradacije i antropogenog opterećenja

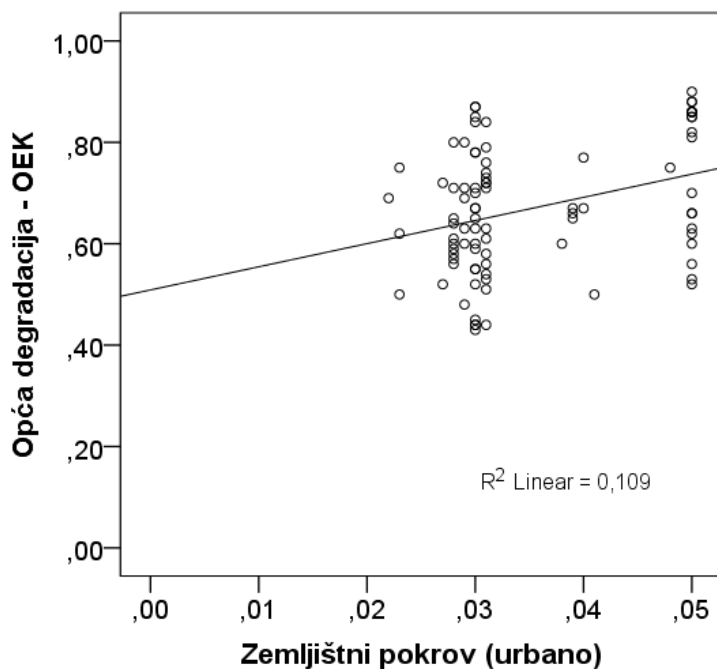
Najviše statistički značajne korelacije sa postojećim indeksom opće degradacije bile su utvrđene sa hidromorfološkim parametrima, ali vrijednosti nisu bile više od 0,32 (Tablica 15). Osim niskih korelacija, vrijednosti indeksa opće degradacije su kod jako antropogeno promijenjenih postaja bile relativno visoke (Slika 6). Statistički značajne su bile i korelacije s vrijednošću ukupnog dušika i urbanim zemljišnim pokrovom. No, vrijednosti Spearmanovoga koeficienta bile su manje od 0,3, a odnos je bio suprotan od očekivanog jer su se vrijednosti indeksa opće degradacije povećavale s povećanjem opterećenja (Slike 7 i 8). Sve ostale korelacije iz skupina zemljišnog pokrova i fizikalno-kemijskih parametara nisu bile značajne ($p > 0,05$).

Tablica 15. Korelacija (Spearman) između postojećeg indeksa opće degradacije i pojedinih pritisaka

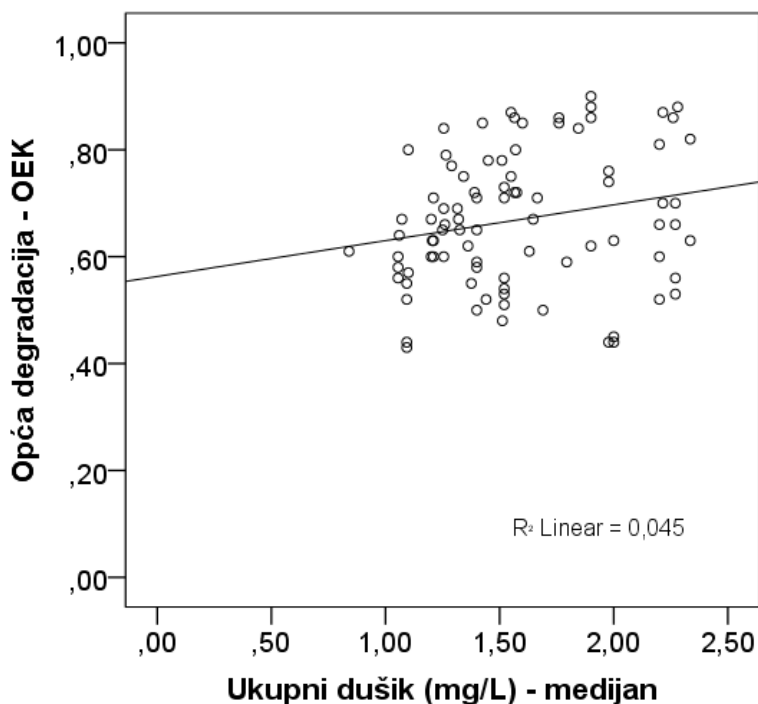
Pritisaci	Parametar	kratica	Spearman koeficient	p
zemljišni pokrov	Urbano (%)	C_urb_d	0,272*	<0,05
zemljišni pokrov	Poljoprivredno (%)	C_agr_d	-0,037	n.z.
zemljišni pokrov	Prirodno (%)	C_nat_d	-0,032	n.z.
zemljišni pokrov	Intenzivno-poljoprivredno (%)	C_agrI_d	-0,038	n.z.
zemljišni pokrov	Ekstenzivno-poljoprivredno (%)	C_agrE_d	0,103	n.z.
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke promijenjenosti	HMM	0,346**	<0,01
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti	HQM	0,316**	<0,01
Hidromorfološki	Indeks kakvoće riječnih staništa - normaliziran	RHQnor	0,312**	<0,01
Hidromorfološki	Indeks hidrološke promijenjenosti	HLM	0,289**	<0,01
Hidromorfološki	Indeks promijenjenosti riječnih staništa	RHMnor	0,205	n.z.
fizikalno-kemijski	Ukupni dušik - medijan	Ntot_med	0,244*	<0,05
fizikalno-kemijski	pH - medijan	pH_med	0,160	n.z.
fizikalno-kemijski	Elektrovodljivost - medijan	cond_med	0,116	n.z.
fizikalno-kemijski	Otopljeni kisik - medijan	DO_med	0,091	n.z.
fizikalno-kemijski	Zasićenje kisikom - medijan	DOsat_med	-0,032	n.z.
fizikalno-kemijski	Suspendirana tvar - medijan	TSS_med	-0,020	n.z.
fizikalno-kemijski	KPK-K ₂ Cr ₂ O ₇ - medijan	KPK_KCr_med	0,106	n.z.
fizikalno-kemijski	BPK ₅ - medijan	BPK5_med	-0,016	n.z.
fizikalno-kemijski	Ortofosfat - medijan	PO ₄ _P_med	0,087	n.z.
fizikalno-kemijski	Amonij - medijan	NH ₄ _N_med	0,194	n.z.
fizikalno-kemijski	Nitrit - medijan	NO ₂ _N_med	0,210	n.z.
fizikalno-kemijski	Nitrat - medijan	NO ₃ _N_med	0,159	n.z.



Slika 6. Odnos između indeksa hidromorfološke promijenjenosti (HMM) i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem postojećeg indeksa opće degradacije



Slika 7. Odnos između zemljišnog pokrova (urbano) i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem postojećeg indeksa opće degradacije



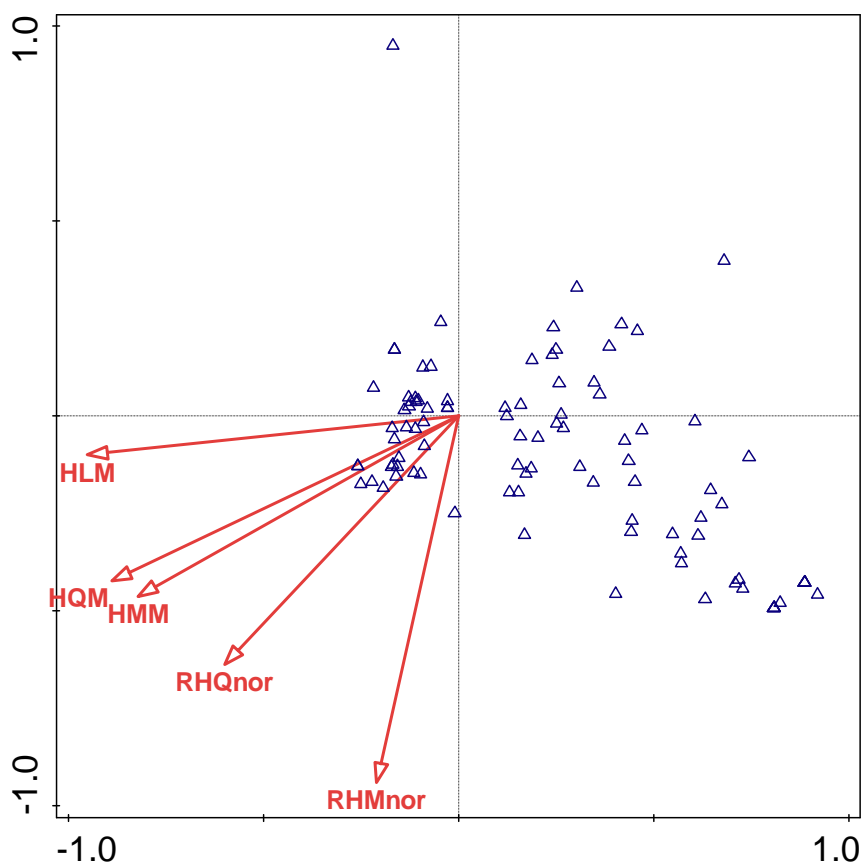
Slika 8. Odnos između ukupnog dušika i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem postojećeg indeksa opće degradacije

3.3. Odnos između makrozoobentosa i hidromorfološkog gradijenta

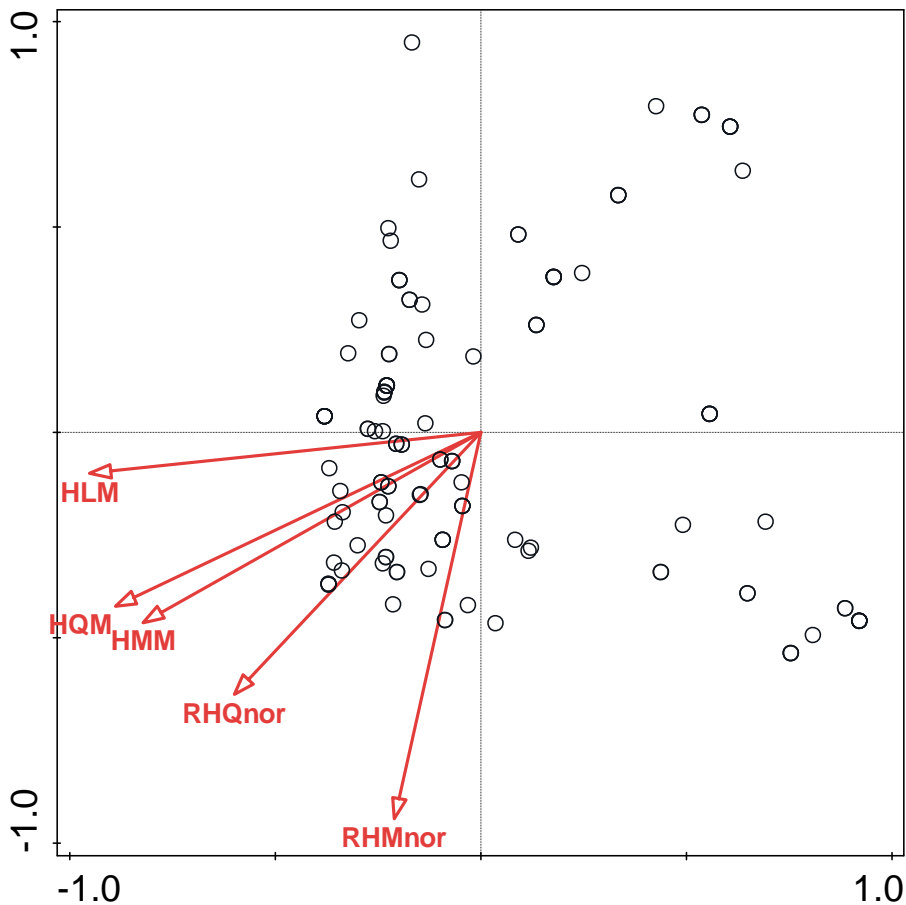
Temeljem CCA analize podudarnosti utvrdili smo odnos između makrozoobentosa i hidromorfoloških indeksa (Slike 9 i 10). Sa svim hidromorfološkim indeksima bila je objašnjena statistički značajna varijanca (Tablica 16). Indeks hidrološke promijenjenosti ima najveći utjecaj na makrozoobentos jer objašnjava najvišu varijancu (52,3 %). Visoka varijanca bila je objašnjena i indeksom hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti te indeksom hidromorfološke promijenjenosti (Tablica 16). Najniža varijanca bila je objašnjena indeksom kakvoće riječnih staništa i indeksom promijenjenosti riječnih staništa. Uzduž prve CCA osi veže se gradient hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti, a uz drugu os gradient promjena riječnih staništa. Rezultate prve osi koristili smo prilikom određivanja hidromorfoloških indikatorskih vrijednosti indeksa riječne faune.

Tablica 16. Utjecaj hidromorfoloških indeksa (objašnjena varijanca) na zajednice makrozoobentosa temeljem CCA analize i statistička značajnost (p vrijednost)

Hidromorfološki indeks	λ^2	Objašnjena varijanca – kanoničke osi (%)	p
HLM	0,23	52,3	0,001
HQM	0,21	48,0	0,001
HMM	0,19	42,8	0,001
RHQnor	0,13	29,4	0,001
RHMnor	0,08	17,7	0,001



Slika 9. CCA prikaz sa hidromorfološkim indeksima (strelica) i svojstama (trokut).



Slika 10. CCA prikaz sa hidromorfološkim indeksima (strelica) i uzorcima (krug).

Temeljem odnosa između pojedinačnih metrika koje obilježavaju zajednicu makrozoobentosa i hidromorfoloških indeksa, najviše statistički značajne korelacije bile su utvrđene s indeksima skupina osjetljivost/tolerantnost i funkcionalnost (Tablica 17). Statistički značajne spearmanove korelacije bile su utvrđene samo s indeksom riječne faune velikih rijeka (RFI_{VR}), indeksom Udio svojti koje preferiraju Akal+Lital+Psa supstrat (100%), te indeksom Udio svojti koje preferiraju Akal+Lital+Psa supstrat.

Tablica 17. Korelacija (Spearman) između pojedinačnih metrika i hidromorfoloških indeksa te statistička značajnost. ** - $p < 0,01$, * - $p < 0,05$.

Metrika - normalizirana	Skupina metrika	HQM	HMM	HLM	RHQ _{nor}	RHM _{nor}
RFI _{VR}	osjetljivost/tolerantnost	0,642**	0,646**	0,683**	0,465**	0,18
Hrvatski saprobni indeks	osjetljivost/tolerantnost	0,401**	0,422**	0,433**	0,387**	0,10
Prošireni biotički indeks	osjetljivost/tolerantnost	0,302**	0,321**	0,246*	0,315**	0,16
BMWP bodovni indeks	osjetljivost/tolerantnost	0,290**	0,311**	0,226*	0,262*	0,20
Udio oligosaprobni indikatora	osjetljivost/tolerantnost	0,21	0,242*	0,239*	0,241*	0,06
Udio svojti koje preferiraju Akal+Lital+Psa supstrat (100%)	funkcionalnost	0,634**	0,634**	0,730**	0,423**	0,16
Udio svojti koje preferiraju Akal+Lital+Psa supstrat	funkcionalnost	0,511**	0,551**	0,602**	0,311**	0,15
Udio pobirača/sakupljača	funkcionalnost	-0,298**	-0,318**	-0,329**	-0,13	-0,04
Indeks biocenotičkog područja	funkcionalnost	0,278*	0,257*	0,400**	0,309**	-0,11
Ukupan broj svojti	bogatstvo/raznolikost	0,15	0,17	0,07	0,14	0,12
Shannon-Wiener indeks raznolikosti	bogatstvo/raznolikost	-0,13	-0,08	-0,339**	-0,03	0,237*

3.4 Indeks riječne faune

Prilikom izračuna indeksa riječne faune za velike rijeke (RFI_{VR}) koristimo slijedeću formulu:

$$RFI_{VRj} = \frac{\sum_{i=1}^n ac_i \times Rf_i \times HW_i}{\sum_{i=1}^n ac_i \times HW_i}$$

Gdje je:

ac_i – razred brojnosti svojte i

Rf_i – vrijednost riječne faune svojte i

HW_i – hidromorfološka indikatorska težina svojte i

Operativna lista svojti sa odgovarajućim vrijednostima za potrebe izračuna indeksa riječne faune prikazana je u Tablici 18. Za 315 svojti vrijednosti su preuzete iz Urbanič (2014), dok su za 57 svojti indikatorske vrijednosti i težine određene u ovoj studiji. Na postajama vrlo velikih rijeka koje su uključene u ovu studiju, utvrdili smo 263 indikatorske svojte makrozoobentosa (Tablica 18).

Tablica 18. Lista svojti sa hidromorfološkom indikatorskom vrijednošću (Rfi) i težinom indikacije (HWi) za potrebe izračuna indeksa riječne faune za velike rijeke (RFI_{VR}). Masno su otisnute svojte kojima je indikatorska težina i vrijednost određena u ovoj studiji.

Višja svojta	Porodica	Svojta	Rf _{IVR}	HW _{IVR}
Turbellaria	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum album</i>	-0,44	5
Turbellaria	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	0,15	1
Turbellaria	Dugesiiidae	<i>Dugesia gonocephala</i>	-0,23	5
Turbellaria	Dugesiiidae	<i>Dugesia lugubris/polychroa</i>	-0,02	3
Turbellaria	Dugesiiidae	<i>Dugesia lugubris</i>	-0,13	5
Turbellaria	Dugesiiidae	<i>Dugesia tigrina</i>	-0,16	2
Turbellaria	Planariidae	<i>Phagocata</i> sp.	-0,29	5
Turbellaria	Planariidae	<i>Planaria torva</i>	-0,03	2
Turbellaria	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	0,07	3
Turbellaria	Planariidae	<i>Polycelis nigra/tenuis</i>	0,15	1
Nematoda		Nematoda Gen. sp.	0,20	1
Oligochaeta	Enchytraeidae	Enchytraeidae Gen. sp.	0,30	1
Oligochaeta	Haplotaxidae	<i>Haplotaxis gordioides</i>	-0,21	3
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Eiseniella tetraedra</i>	-0,05	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	Lumbriculidae Gen. sp.	-0,10	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	0,13	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Rhynchelmis</i> sp.	0,08	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus heringianus</i>	-0,04	1
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus</i> sp.	-0,01	2
Oligochaeta	Naididae	<i>Chaetogaster</i> sp.	-0,29	5
Oligochaeta	Naididae	<i>Dero</i> sp.	0,79	3
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais</i> sp.	0,06	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Ophidonais serpentina</i>	0,54	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Pristina</i> sp.	-0,36	5
Oligochaeta	Naididae	<i>Slavina appendiculata</i>	0,10	5
Oligochaeta	Naididae	<i>Stylaria lacustris</i>	0,05	1
Oligochaeta	Naididae	<i>Uncinaxis uncinata</i>	0,37	4
Oligochaeta	Naididae	<i>Vejdovskiella comata</i>	0,81	5
Oligochaeta	Naididae	<i>Vejdovskiella</i> sp.	0,61	5
Oligochaeta	Propappidae	<i>Propappus volki</i>	-0,15	2
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Aulodrilus plurisetia</i>	0,63	1
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	0,81	2
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Spirosperma ferox</i>	0,00	5
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Peloscolex velutina</i>	-0,24	3
Oligochaeta	Tubificidae	Tubificidae juv without setae	0,23	1
Oligochaeta	Tubificidae	Tubificidae juv with setae	0,17	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Dina punctata</i>	-0,03	2
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella nigricollis</i>	0,07	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	0,02	1
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i> sp.	0,00	5
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella testacea</i>	-0,07	1

Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella vilnensis</i>	0,31	5
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Trocheta bykowskii</i>	0,21	4
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Trocheta bykowskii</i>	0,21	4
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Trocheta bykowskii</i>	0,21	4
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Trocheta</i> sp.	-0,34	5
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	0,29	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	0,14	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia concolor</i>	0,41	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia nebulosa</i>	0,12	2
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia paludosa</i>	-0,22	2
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia</i> sp.	0,00	5
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Glossiphonia verrucata</i>	0,88	4
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	0,33	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Hemiclepsis marginata</i>	0,29	1
Hirudinea	Glossiphonidae	<i>Theromyzon tessulatum</i>	0,20	5
Hirudinea	Haemopidae	<i>Haemopsis sanguisuga</i>	0,89	5
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola respirans</i>	-0,01	5
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	0,54	1
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola haranti</i>	1,00	5
Gastropoda	Ancylidae	<i>Acroloxus lacustris</i>	0,13	1
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	0,00	2
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	0,32	1
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia</i> sp.	0,31	5
Gastropoda	Valvatidae	<i>Borysthenia naticina</i>	-0,12	5
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Bythinella schmidtii</i>	0,00	5
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Hauffenia</i> sp.	0,00	5
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	0,01	1
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides prasinus</i>	0,01	1
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus</i> sp.	-0,01	5
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0,31	5
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Sadleriana fluminensis</i>	0,21	2
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Sadleriana robici</i>	0,04	3
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Sadleriana</i> sp.	0,04	3
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>	0,00	1
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica/labiata</i>	-0,42	5
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica</i>	0,12	2
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix labiata</i>	0,20	4
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Esperiana acicularis</i>	0,17	1
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Esperiana esperi</i>	-0,17	1
Gastropoda	Melanopsidae	<i>Holandriana holandrii</i>	-0,21	3
Gastropoda	Neritidae	<i>Theodoxus danubialis</i> ssp.	-0,18	2
Gastropoda	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0,05	3
Gastropoda	Neritidae	<i>Theodoxus transversalis</i>	-0,17	5
Gastropoda	Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	0,04	1
Gastropoda	Physidae	<i>Physella acuta</i>	-0,17	3
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	0,16	1

Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus crista</i>	-0,32	5
Gastropoda	Planorbidae	<i>Planorbis carinatus</i>	0,55	2
Gastropoda	Planorbidae	<i>Planorbis planorbis</i>	0,38	5
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	0,19	1
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i> ssp.	0,23	1
Gastropoda	Valvatidae	<i>Viviparus viviparus</i>	-0,11	4
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	0,55	2
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Musculium lacustre</i>	-0,18	5
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp.	0,09	1
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Sphaerium corneum</i>	0,45	1
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Sphaerium</i> sp.	-0,17	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Pseudanodonta complanata</i> ssp.	-0,40	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Sinanodonta woodiana</i>	-0,16	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Unio crassus</i> ssp.	-0,14	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Unio pictorum</i> ssp.	-0,48	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Unio tumidus</i> ssp.	-0,07	5
Bivalvia	Unionidae	<i>Microcondylea compressa</i>	-0,12	5
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	-0,16	5
Arachnida	Hydrachnidia	Hydrachnidia Gen. sp.	-0,03	1
Amphipoda	Crangonyctidae	<i>Synurella ambulans</i>	0,08	1
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	-0,04	1
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus roeselii</i>	0,44	1
Amphipoda	Corophiidae	<i>Corophium curvispinum</i>	-0,15	5
Amphipoda	Gammaridae	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	-0,14	5
Amphipoda	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	-0,17	5
Amphipoda	Niphargidae	<i>Niphargus</i> sp.	-0,38	5
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	0,19	1
Isopoda	Janiridae	<i>Jaera istri</i>	-0,15	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis alpinus</i>	-0,48	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis buceratus</i>	-0,08	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis digitatus</i>	-0,37	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis fuscatus</i>	-0,23	3
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis fuscatus/scambus</i>	-0,26	3
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis liebenauae</i>	-0,06	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis lutheri</i>	-0,15	2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis melanonyx</i>	-0,61	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis muticus</i>	-0,33	2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	-0,11	2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis scambus</i>	-0,47	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	-0,17	3
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis vardarensis</i>	-0,16	3
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis vernus</i>	-0,44	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis buceratus/vernus</i>	-0,18	2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Centroptilum luteolum</i>	0,11	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Centroptilum</i> sp.	0,15	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	0,27	1

Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon simile</i>	-0,61	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Procloeon bifidum</i>	-0,03	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Procloeon</i> sp.	0,00	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Pseudocentropilum</i> sp.	-0,07	5
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	-0,06	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Serratella ignita</i>	-0,06	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemerella notata</i>	-0,08	4
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemerella mucronata</i>	0,10	1
Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Torleya major</i>	0,11	2
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemerella danica</i>	0,20	1
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemerella</i> sp.	-0,22	3
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemerella vulgata</i>	0,00	5
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Ecdyonurus</i> sp.	-0,06	2
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Electrogena</i> sp.	0,12	5
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Epeorus sylvicola</i>	-0,02	2
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Heptagenia longicauda</i>	-0,31	5
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Heptagenia</i> sp.	-0,25	3
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Heptagenia sulphurea</i>	-0,06	1
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Rhithrogena</i> sp.	-0,05	2
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Habroleptoides confusa</i>	-0,07	3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia fusca</i>	-0,15	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia lauta</i>	0,06	2
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	-0,02	1
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	<i>Oligoneuriella rhenana</i>	-0,17	5
Ephemeroptera	Potamanthidae	<i>Potamanthus luteus</i>	-0,13	2
Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus aestivalis</i>	-0,04	3
Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus lacustris</i>	0,81	5
Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus</i> sp.	0,15	5
Plecoptera	Chloroperlidae	<i>Chloroperla</i> sp.	-0,06	3
Plecoptera	Chloroperlidae	<i>Xanthoperla apicalis</i>	-0,17	5
Plecoptera	Capniidae	<i>Capnia</i> sp.	-0,01	2
Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp.	-0,12	2
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	-0,04	2
Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i> sp.	0,16	1
Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemurella pictetii</i>	-0,13	5
Plecoptera	Nemouridae	<i>Protonemura</i> sp.	0,06	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Dinocras cephalotes</i>	0,10	2
Plecoptera	Perlidae	<i>Dinocras megacephala</i>	-0,48	5
Plecoptera	Perlidae	<i>Perla</i> sp.	-0,61	5
Plecoptera	Perlidae	<i>Marthamea vitripennis</i>	-0,17	5
Plecoptera	Perlodidae	<i>Dictyogenus alpinum</i>	-0,17	5
Plecoptera	Perlodidae	<i>Isoperla</i> sp.	0,11	3
Plecoptera	Perlodidae	<i>Isoperla</i> sp.	0,11	3
Plecoptera	Perlodidae	<i>Perlodes</i> sp.	-0,10	2
Plecoptera	Taeniopterygidae	<i>Brachyptera</i> sp.	-0,03	2
Plecoptera	Taeniopterygidae	<i>Rhabdiopteryx</i> sp.	0,15	5

Plecoptera	Taeniopterygidae	<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	-0,29	4
Odonata	Aeshnidae	<i>Anax imperator</i>	-0,10	5
Odonata	Calopterygidae	<i>Calopteryx virgo</i>	-0,07	1
Odonata	Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>	-0,03	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Cercion lindenii</i>	-0,02	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma cyathigerum</i>	-0,12	4
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma viridulum</i>	-0,29	5
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i>	-0,10	5
Odonata	Coenagrionidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	-0,38	5
Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae Gen. sp.	-0,16	5
Odonata	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster heros</i>	-0,12	5
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus</i> sp.	0,07	5
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	-0,20	1
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus flavipes</i>	-0,16	5
Odonata	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus forcipatus</i>	-0,21	2
Odonata	Gomphidae	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	-0,18	5
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum brunneum</i>	0,81	5
Odonata	Platycnemididae	<i>Platycnemis pennipes</i>	0,04	1
Heteroptera	Aphelocheiridae	<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	-0,28	4
Heteroptera	Corixidae	Corixinae Gen. sp.	0,76	1
Heteroptera	Corixidae	<i>Micronecta</i> sp.	0,53	1
Heteroptera	Gerridae	<i>Gerris</i> sp.	-0,07	5
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis fuliginosa</i>	0,71	4
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis lutaria</i>	-0,01	1
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis nigripes</i>	-0,07	1
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis</i> sp.	0,38	5
Hymenoptera	Agrytipidae	<i>Agriotypus armatus</i>	-0,08	5
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Bidessus</i> sp. Ad.	-0,19	5
Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae Gen. sp. Lv.	0,38	5
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus</i> sp. Ad.	0,07	1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus</i> sp. Lv.	0,01	1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Nebrioporus</i> sp. Ad.	0,28	2
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Nebrioporus</i> sp. Lv.	-0,03	2
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Oreodytes</i> sp. Lv.	-0,31	5
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Platambus maculatus</i> Ad.	0,10	5
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Platambus maculatus</i> Lv.	-0,01	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis</i> sp. Ad.	-0,01	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Elmis</i> sp. Lv.	-0,02	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Esolus</i> sp. Ad.	-0,22	3
Coleoptera	Elmidae	<i>Esolus</i> sp. Lv.	-0,19	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius</i> sp. Ad.	-0,21	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius</i> sp. Lv.	-0,14	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Macronychus quadrituberculatus</i> Lv.	-0,34	5
Coleoptera	Elmidae	<i>Normandia nitens</i> Ad.	-0,13	5
Coleoptera	Elmidae	<i>Oulimnius</i> sp. Ad.	-0,12	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Oulimnius</i> sp. Lv.	-0,16	2

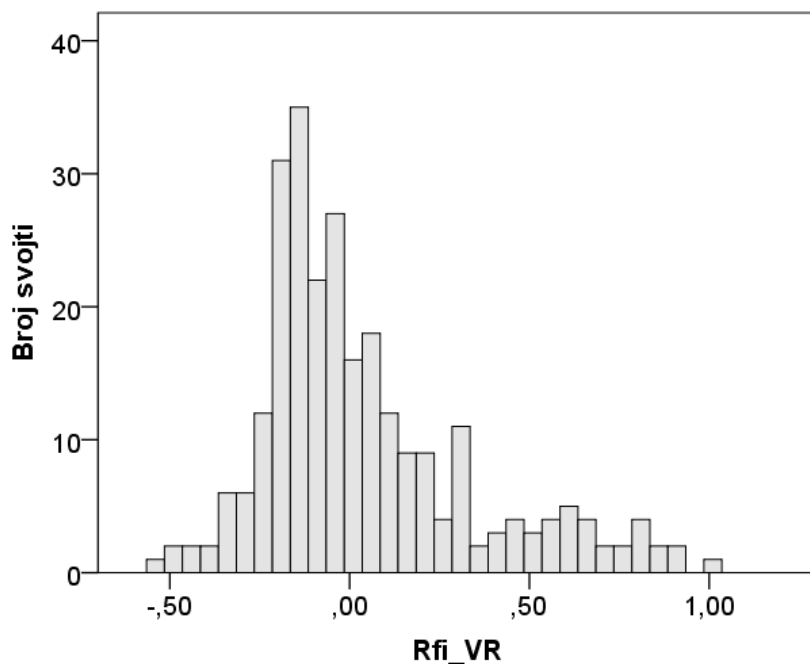
Coleoptera	Elmidae	<i>Potamophilus acuminatus</i> Lv.	-0,32	5
Coleoptera	Elmidae	<i>Riolus</i> sp. Ad.	-0,07	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Riolus</i> sp. Lv.	-0,06	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis canaliculata</i> Ad.	-0,13	5
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i> Ad.	-0,14	5
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Orectochilus villosus</i> Lv.	-0,16	2
Coleoptera	Haliplidae	<i>Brychius elevatus</i> Ad.	0,10	5
Coleoptera	Haliplidae	<i>Brychius elevatus</i> Lv.	0,21	4
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus lineatocollis</i> Ad.	0,34	2
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp. Ad.	0,31	1
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp. Lv.	0,07	1
Coleoptera	Haliplidae	<i>Pelodytes</i> sp. Lv.	-0,07	5
Coleoptera	Helophoridae	<i>Helophorus</i> sp. Ad.	-0,13	5
Coleoptera	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp. Ad.	-0,23	2
Coleoptera	Hydraenidae	<i>Ochthebius</i> sp. Ad.	-0,18	5
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Laccobius</i> sp. Lv.	-0,18	1
Trichoptera	Beraeidae	<i>Beraea maurus</i>	-0,36	5
Trichoptera	Beraeidae	<i>Beraeodes minutus</i>	-0,04	1
Trichoptera	Brachycentridae	<i>Brachycentrus montanus</i>	-0,17	5
Trichoptera	Brachycentridae	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	-0,22	4
Trichoptera	Brachycentridae	<i>Micrasema setiferum</i> ssp.	-0,19	4
Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	0,39	1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus delicatulus</i>	-0,12	5
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus delicatulus/ochripes</i>	-0,04	4
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus laniger</i>	-0,08	5
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus ochripes</i>	0,05	5
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma boltoni</i>	0,31	5
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma conformis</i>	0,64	5
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma intermedium</i>	0,64	5
Trichoptera	Goeridae	<i>Goera pilosa</i>	-0,01	1
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>	0,03	3
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo pallipes</i>	0,05	5
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo piceus</i>	-0,25	3
Trichoptera	Goeridae	<i>Silo</i> sp.	-0,06	4
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	-0,12	2
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche bulbifera</i>	-0,16	4
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>	-0,18	5
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis contubernalis</i>	-0,11	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche dinarica</i>	-0,48	5
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche incognita</i>	-0,18	2
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche modesta</i>	-0,32	4
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche ornatula</i>	-0,18	5
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	-0,07	2
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>	0,03	5
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche siltalai</i>	-0,05	3
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	-0,19	2

Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea</i> sp.	0,00	5
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	-0,08	2
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Orthotrichia</i> sp.	-0,03	5
Trichoptera	Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma hirtum</i>	-0,06	2
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	0,08	4
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons/bilineatus</i>	0,14	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes bilineatus bilineatus</i>	0,04	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes cinereus</i>	-0,16	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes</i> sp.	0,14	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Ceraclea annulicornis</i>	0,26	1
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Ceraclea dissimilis</i>	-0,27	4
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea/nigra</i>	-0,04	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>	0,01	2
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides longicornis</i>	0,71	2
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides nigra</i>	-0,05	2
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides</i> sp.	-0,04	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis lacustris</i>	-0,13	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis notata</i>	-0,25	4
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis testacea</i>	-0,37	5
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Setodes punctatus</i>	-0,11	4
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Setodes</i> sp.	-0,27	4
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Allogamus auricollis</i>	-0,35	4
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Anabolia furcata</i>	0,50	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx fusca</i>	0,38	4
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.	-0,20	5
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Ecclisopteryx guttulata</i>	-0,37	4
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus digitatus</i>	-0,20	5
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus radiatus</i>	0,61	5
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus rubricollis</i>	0,57	5
Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae-juv.	0,62	2
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Limnephilus extricatus</i>	0,64	5
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Limnephilus lunatus</i>	0,19	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Potamophylax rotundipennis</i>	-0,14	1
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.	0,55	5
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Potamophylax</i> sp.	0,55	5
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>	0,00	4
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Philoptamus ludificatus/montanus</i>	-0,12	5
Trichoptera	Phryganeidae	<i>Agrypnia varia</i>	-0,46	5
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	0,08	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	0,07	2
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Lype reducta</i>	0,39	1
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Psychomyia klapaleki</i>	-0,10	3
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	-0,12	2
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Tinodes</i> sp.	0,45	1
Trichoptera	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> s. str. sp.	-0,04	2
Trichoptera	Sericostomatidae	<i>Notidobia ciliaris</i>	0,82	5

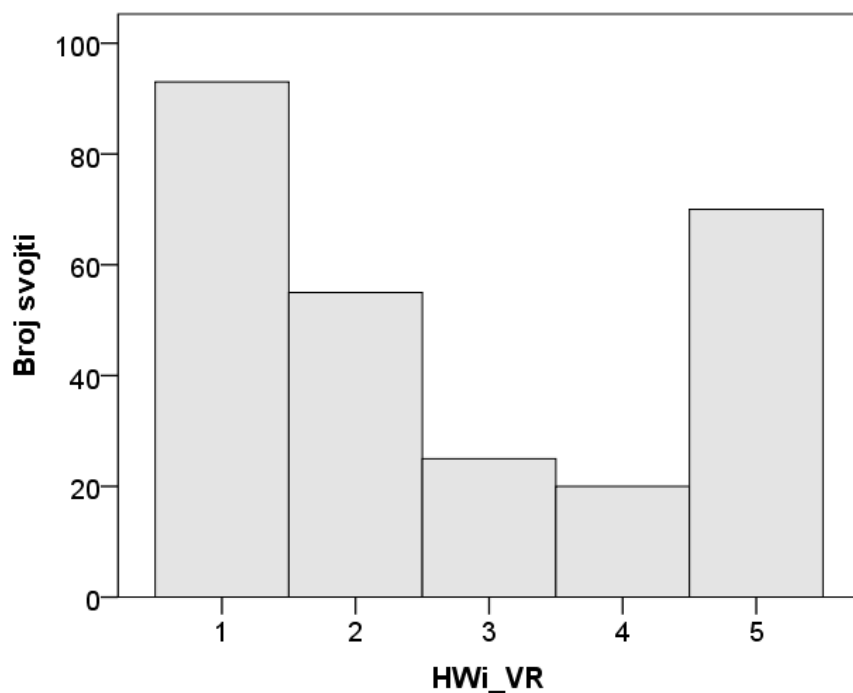
Trichoptera	Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	-0,13	3
Diptera	Anthomyidae	<i>Limnophora</i> sp.	0,07	3
Diptera	Anthomyidae	<i>Lispe</i> sp.	-0,17	5
Diptera	Athericidae	<i>Atherix ibis</i>	-0,21	2
Diptera	Athericidae	<i>Ibisia marginata</i>	-0,34	4
Diptera	Athericidae	<i>Ibisia</i> sp.	-0,20	5
Diptera	Blephariceridae	<i>Liponeura</i> sp.	-0,17	5
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.	0,55	5
Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae Gen. sp.	0,30	1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i> sp.	0,61	5
Diptera	Chironomidae	<i>Brillia bifida</i>	0,09	1
Diptera	Chironomidae	Chironomini Gen. sp.	0,07	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus obtusidens</i> -Gr.	0,47	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i> -Gr.	0,78	3
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus thummi</i> -Gr.	0,20	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i>	0,31	5
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	0,83	5
Diptera	Chironomidae	<i>Corynoneura</i> sp.	-0,29	4
Diptera	Chironomidae	Corynoneurinae	0,00	1
Diptera	Chironomidae	Diamesinae Gen. sp.	0,03	1
Diptera	Chironomidae	<i>Monodiamesa</i> sp.	0,86	5
Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae Gen. sp.	0,00	1
Diptera	Chironomidae	<i>Paratendipes</i> sp.	-0,15	5
Diptera	Chironomidae	<i>Potthastia gaedii</i> -Gr.	0,07	5
Diptera	Chironomidae	<i>Potthastia longimana</i> -Gr.	-0,06	2
Diptera	Chironomidae	<i>Prodiamesa olivacea</i>	0,31	1
Diptera	Chironomidae	<i>Prodiamesa rufovittata</i>	0,31	5
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae Gen. sp.	0,11	1
Diptera	Chironomidae	Tanytarsini Gen. sp.	-0,03	1
Diptera	Chironomidae	<i>Thienemanniella</i> sp.	-0,14	5
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles</i> sp.	-0,10	5
Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae Gen. sp.	-0,13	1
Diptera	Empididae	Clinocerinae Gen. sp.	0,02	3
Diptera	Empididae	Hemerodromiinae Gen. sp.	-0,08	1
Diptera	Limoniidae	<i>Antocha</i> sp.	-0,06	2
Diptera	Limoniidae	Chioneinae Gen. sp.	0,29	1
Diptera	Limoniidae	<i>Hexatoma</i> sp.	-0,54	4
Diptera	Limoniidae	Limnophilinae Gen. sp.	-0,11	1
Diptera	Limoniidae	Limoniinae Gen. sp.	-0,19	5
Diptera	Limoniidae	<i>Pseudolimnophila</i> sp.	0,41	1
Diptera	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.	-0,08	2
Diptera	Pediciidae	<i>Pedicia</i> sp.	-0,36	5
Diptera	Psychodidae	Psychodidae Gen. sp.	0,32	1
Diptera	Psychodidae	Pericomini	0,32	1
Diptera	Psychodidae	Psychodini	0,32	1
Diptera	Ptychopteridae	<i>Ptychoptera</i> sp.	0,64	5

Diptera	Scatophagidae	Scatophagidae Gen. sp.	0,20	4
Diptera	Simuliidae	<i>Prosimulium</i> sp.	-0,18	2
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	-0,21	2
Diptera	Stratiomyidae	<i>Oxycera</i> sp.	-0,06	5
Diptera	Syrphidae	Syrphidae Gen. sp.	-0,13	5
Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops</i> sp.	0,35	1
Diptera	Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp.	-0,25	3
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	0,27	1
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Nymphula stagnata</i>	0,89	5

Raspodjela pojedinih hidromorfoloških indikatorskih vrijednosti je asimetrična (Slika 11). Najviše svojti ima određenu hidromorfološku indikatorsku vrijednost (optimum) kod blago promijenjenih hidromorfoloških uvijeta, šta je u skladu sa hipotezom srednje disturbancije (engl. intermediate disturbance hypothesis). Asimetrična je i raspodjela pojedinih vrijednosti hidromorfološke indikatorske težine (Slika 12). Najveći udio svojti su loši hidromorfološki indikatori ($HW_i = 1$ ili 2), ali su s druge strane relativno brojni i vrlo dobri hidromorfološki indikatori ($HW_i = 5$).



Slika 11. Raspodjela pojedinih hidromorfoloških indikatorskih vrijednosti (Rfi_VR) za 263 svojte koje su zabilježene u vrlo velikim rijekama.



Slika 12. Raspodjela pojedinih vrijednosti hidromorfološke indikatorske težine (HWi_VR) za 263 svojite koje su zabilježene u vrlo velikim rijekama.

Prije izračuna RFI_{VR} indeksa brojnost svake indikatorske svojite valja transformirati na način kako je prikazano u tablici .

Tablica 19. Transformacija brojnosti makrozoobentosa u pojedine razrede za potrebe izračuna indeksa riječne faune.

Brojnost	Razred brojnosti (ac_i)
1-5	1
6-25	2
26-125	3
126-625	4
>625	5

3.5 Prijedlog novog multimetričkog indeksa (MMI)

Novi multimetrčki indeks opće degradacije izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$MMI_{OpDeg} = \frac{ALP(100\%) + RFI_{VR}}{2}$$

Gdje je :

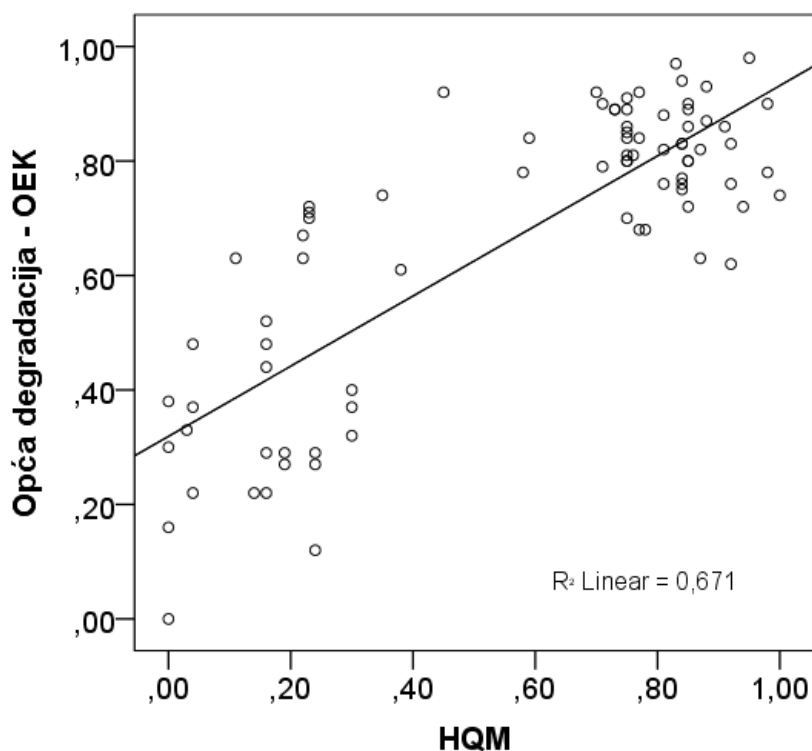
ALP(100%) – udio svojiti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat

RFI_{VR} – indeks riječne faune velikih rijeka

Za obje metrike koje su uključene u multimetrički indeks opće degradacije (MMIOpDeg), utvrđene su najbolje statistički značajne korelacije sa hidromorfološkim parametrima (Spearmanova korelacija > 0,6) (Tablica 17). Najbolji odnos metrika utvrdili smo s indeksom hidrološke promijenjenosti (HLM), indeksom hidromorfološke promijenjenosti (HMM) i indeksom hidromorfoloke kakvoće i promijenjenosti (HQM). Dobro objašnjen odnos ($R^2 = 0,67$) između indeksa HQM i MMIOpDeg prikazan je na slici 13. Dobre i statistički značajne korelacije utvrđene su između metrika koje grade multimetrički indeks opće degradacije te pojedinih parametara zemljišnog pokrova i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara. No, ipak su međusobni odnosi bili suprotni od očekivanih. Tako je npr. odnos između MMIOpDeg i prirodnog zemljišnog pokrova negativan, što drugim riječima znači, da kod najboljeg ekološkog stanja bilježimo najmanji udio prirodnog zemljišnog pokrova. Slični odnos je utvrđen i između MMIOpDeg i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara (elektrovodljivosti, KPK, ukupnog dušika, ortofosfata; Spearmanova korelacija $\geq 0,5$, $p < 0,01$). Navedeno ukazuje, da je od svih testiranih pritisaka, hidromorfološki pritisak dominantan te da novi indeks Opće degradacije najvećim dijelom ukazuje na utjecaj hidromorfoloških promijena na zajednicu makrozoobentosa, te da je utjecaj drugih pritisaka znatno manji. Gradienti opterećenja ostalih grupa pritisaka su znatno manji od hidromorfološkog gradienta, zbog čega je i njihov utjecaj na zajednicu očekivano manji.

Tablica 20. Korelacija (Spearman) između novog indeksa opće degradacije (MMI_OpDeg), izabranih metrika i pojedinih pritisaka. RFI_VR – indeks riječne faune za velike rijeke, ALP100 – udio svojiti koje preferiraju Akal+Lital+Psamal supstrat (100%), ** - $p < 0,01$, * - $p < 0,05$.

Parametri	kratica	MMI_OpDeg	RFI_VR	ALP100
Hidromorfološki	Indeks hidrološke promijenjenosti (HLM)	0,727**	0,683**	0,730**
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM)	0,654**	0,646**	0,634**
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM)	0,647**	0,642**	0,634**
Hidromorfološki	Indeks kakvoće riječnih staništa – normaliziran (RHQ_nor)	0,428**	0,465**	0,423**
Hidromorfološki	Indeks promijenjenosti riječnih staništa (RHMnor)	0,158	0,185	0,157
zemljišni pokrov	Ekstenzivno-poljoprivredno (%)	0,587**	0,608**	0,513**
zemljišni pokrov	Prirodno (%)	-0,564**	-0,611**	-0,500**
zemljišni pokrov	Poljoprivredno (%)	0,458**	0,547**	0,371**
zemljišni pokrov	Intenzivno-poljoprivredno (%)	0,448**	0,527**	0,374**
zemljišni pokrov	Urbano (%)	0,337**	0,173	0,434**
fizikalno-kemijski	Elektrovodljivost - medijan	0,576**	0,709**	0,460**
fizikalno-kemijski	KPK-K ₂ Cr ₂ O ₇ - medijan	0,531**	0,436**	0,559**
fizikalno-kemijski	Ukupni dušik - medijan	0,504**	0,452**	0,519**
fizikalno-kemijski	Ortofosfat - medijan	0,500**	0,453**	0,495**
fizikalno-kemijski	Nitrat - medijan	0,407**	0,343**	0,439**
fizikalno-kemijski	Amonij - medijan	0,367**	0,286**	0,394**
fizikalno-kemijski	BPK ₅ - medijan	0,330**	0,325**	0,315**
fizikalno-kemijski	Nitrit - medijan	0,230*	0,104	0,291**
fizikalno-kemijski	Otopljeni kisik - medijan	0,182	0,248*	0,106
fizikalno-kemijski	pH - medijan	0,104	0,135	0,067
fizikalno-kemijski	Zasićenje kisikom - medijan	-0,099	0,006	-0,164
fizikalno-kemijski	Suspendirana tvar - medijan	-0,110	-0,165	-0,029



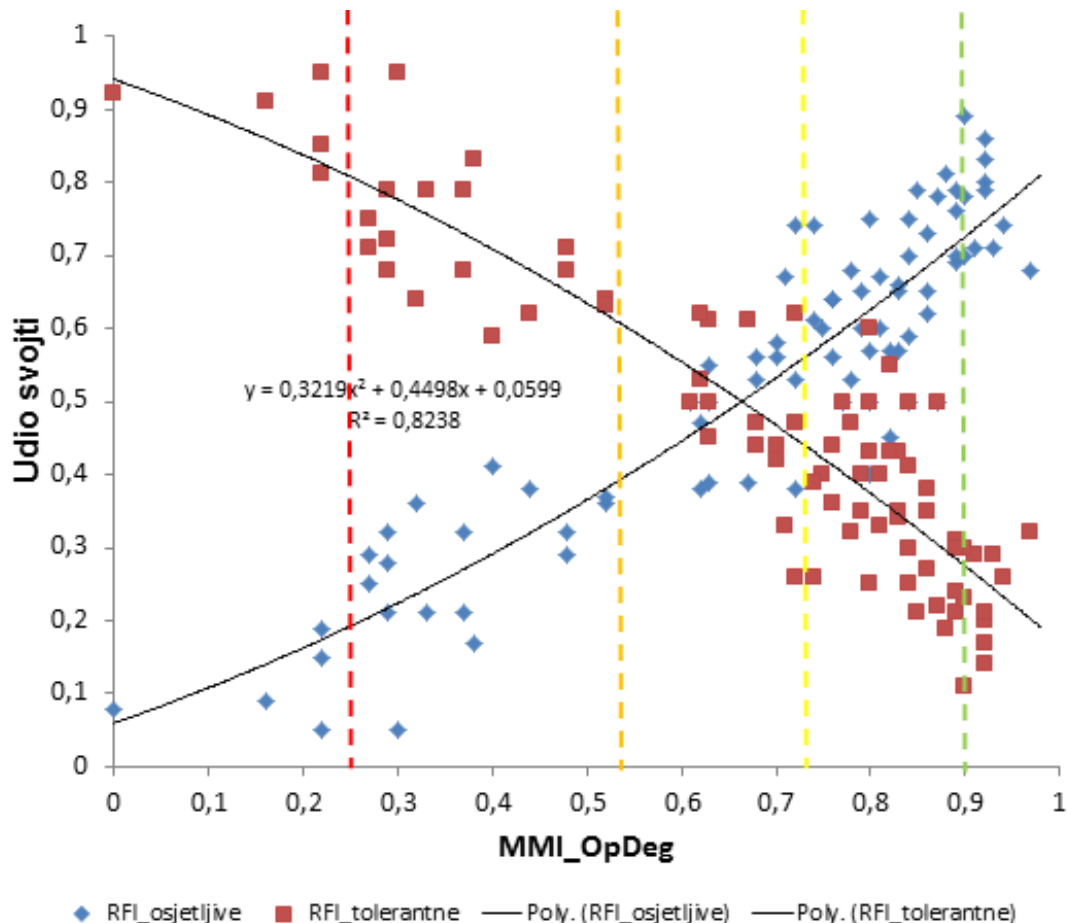
Slika 13. Odnos između indeksa hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM) i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem novog indeksa opće degradacije

Za metrike uključene u MMI indeks određene su referentne i najlošije vrijednosti za dva tipa vrlo velikih rijeka (HR-R_5B i HR-R_5C) (Tablica). Za indeks riječne faune velikih rijeka određene su jednake referentne vrijednosti kao i jednake najlošije vrijednosti. Navedeni riječni tipovi međusobno se razlikuju u referentnoj vrijednosti indeksa ALP100, koja je za tip HR-R_5B nešto veća.

Tablica 21. Referentne vrijednosti i najlošije vrijednosti za odabrane metrike novog indeksa opće degradacije za tipove HR-R_5B i HR-R_5C uz korištenu statističku metodu. (ALP_100% - udio svojti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat, RFI_{VR} - indeks riječne faune za velike rijeke, HR-R_5B - nizinske vrlo velike tekućice – donji tok Mure i srednji tok Save i Drave, HR-R_5C - nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Save i Drave, N – broj podataka.

Granica	Tip rijeke	Matoda	N	Tip_ALP_100%	RFI _{VR}
Referentna vrijednost	HR-R_5B	95ti/5ti percentil – HM razred 1	24	99	-0,13
	HR-R_5C	maksimum – HM razred 1	5	81	-0,13
Najlošija vrijednost	HR-R_5B	minimum – svi podatci	86	8	0,46
	HR-R_5C	minimum – svi podatci	86	8	0,46

Granice između kategorija ekološkog stanja određene su na osnovu promjena u zajednici makrozoobentosa temeljem MMIOpDeg (Slika 14). Granica vrlo dobro/dobro postavljena je na mjesto gdje se je počeo smanjivati udio osjetljivih svojti. Na mjesto gdje je udio osjetljivih i tolerantnih svojti izjednačen postavljena je granica dobro/umjereno. Granica umejreno/loše postavljena je na poziciju gdje se povećava udio tolerantnih svojti, a granica loše/vrlo loše je na mjestu gdje prevladava udio tolerantnih svojti. U tablici 22 prikazane su granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije. Radi ujednačavanja raspona vrijednosti ekološkog stanja, načinjena je transformacija prema postupku opisanom u tablici 23. Vrijednosti indeksa opće degradacije na istraživanim postajama u Hrvatskoj prikazane su u tablici 24.



Slika 14. Određivanje granica između kategorija ekološkog stanja na temelju raspodjele osjetljivih i tolerantnih svojti uzduž gradienata indeksa opće degradacije (MMI_OpDeg)

Tablica 22. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije (MMI_Opdeg) prije i poslije transformacije

Granica	Omjer ekološke kakvoće	Omjer ekološke kakvoće - transformiran
vrlo dobro/dobro	0.90	0.80
dobro/umjereno	0.71	0.60
umjereno/loše	0.53	0.40
loše/vrlo loše	0.23	0.20

Tablica 23. Formule za transformaciju vrijednosti novog indeksa opće degradacije ovisno od vrijednosti indeksa

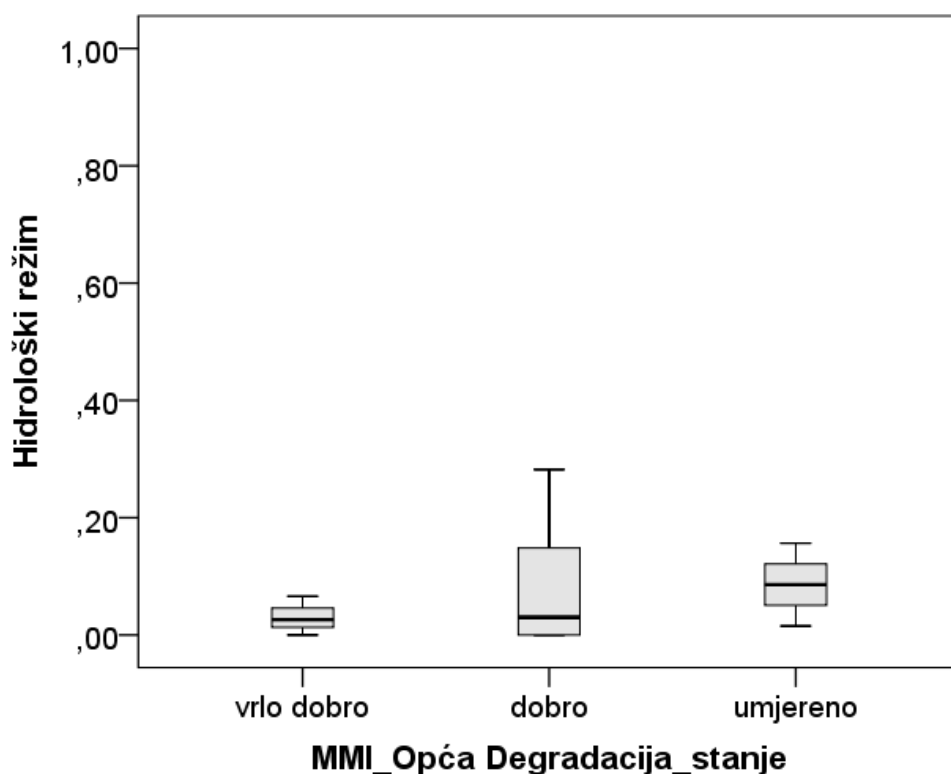
Ekološko stanje	MMI _{OpDeg}	Transformiran MMI _{OpDeg}
vrlo dobro	$\geq 0,90$	$0,8 + 0,2 * (MMI_{OpDeg} - 0,90)/(1,00 - 0,90)$
dobro	0,71 - 0,89	$0,6 + 0,2 * (MMI_{OpDeg} - 0,71)/(0,90 - 0,71)$
umjereno	0,53 - 0,70	$0,4 + 0,2 * (MMI_{OpDeg} - 0,53)/(0,71 - 0,53)$
loše	0,23 - 0,53	$0,2 + 0,2 * (MMI_{OpDeg} - 0,23)/(0,53 - 0,23)$
vrlo loše	0,00 - 0,22	$0,2 * (MMI_{OpDeg})/(0,23)$

Tablica 24. Vrijednosti indeksa opće degradacije (MMI_Opdeg) na istraživanim HR postajama

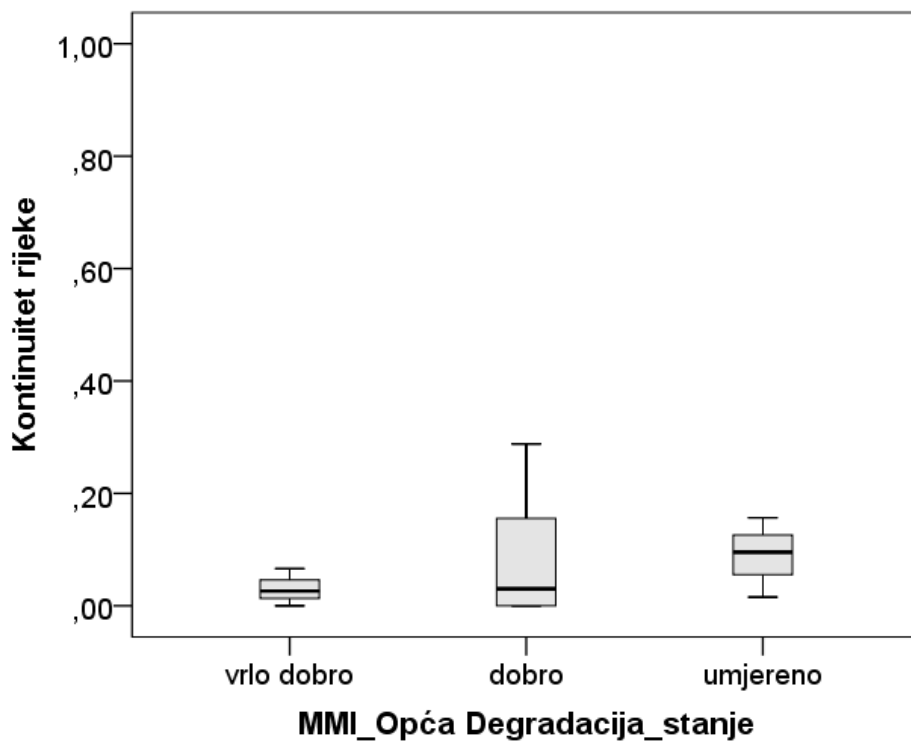
Rijeka	Postaja	kratica	MMI_OpDeg	MMI_OpDeg_trans
Mura	Peklenica	MuPe0606	0.77	0.66
Mura	Goričan	MuGo0409	0.86	0.75
Drava	Križovljan-grad	DrKr0609	0.82	0.71
Drava	Ormoško jezero	DrOj11107	0.22	0.19
Drava	Ormoško jezero	DrOj21107	0.29	0.24
Drava	Botovo	DrBo0409	0.62	0.50
Drava	Botovo	DrBo0606	0.76	0.65
Drava	Terezino Polje	DrTP0409	0.97	0.94
Drava	Dolnji Miholjac	DrDM1209	0.83	0.72
Drava	Višnjevac	DrVu0609	0.78	0.67
Sava	Drenje	SaDr0509	0.85	0.75
Sava	Zagreb, Jankomir	SaZa0606	0.74	0.63
Sava	Galdovo	SaGa0509	0.68	0.57
Sava	Jasenovac	SaJa0509	0.72	0.61
Sava	Davor	SaDa0906	0.87	0.77
Sava	Davor	SaDa0509	0.93	0.86
Sava	Slavonski Šamac	SaŠŠ0509	0.90	0.80
Sava	Županja	SaŽu0706	0.98	0.96
Sava	Račinovci	SaRa0509	0.63	0.51
Sava	Drenje	SaDr0712	0.84	0.73
Drava	Belišće	DrBe0511	0.74	0.64
Sava	Račinovci	SaRa1202	0.82	0.72

3.6 Odnos između MMI i hidromorfološkog stanja dobivenog metodologijom ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja

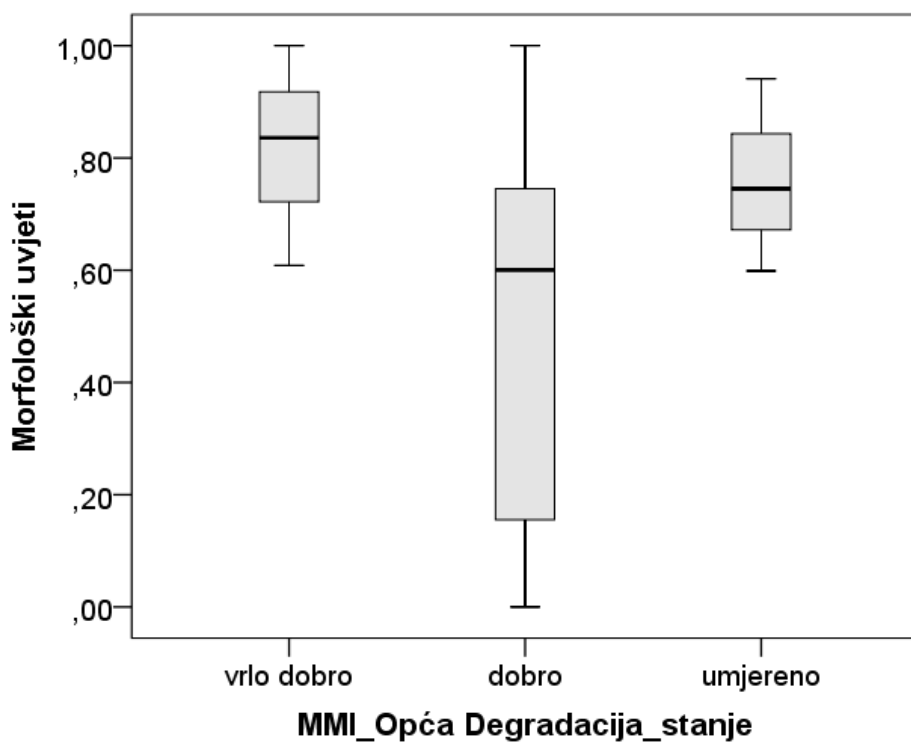
U ovom poglavlju opisan je odnos između MMI i hidromorfoloških vrijednosti dobivenih prema metodologiji ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja (Prilog 11b Uredbe o standardu kakvoće voda, 2013). Za niti jedan od elementa hidromorfološkog stanja (hidrološki režim, kontinuitet rijeke, morfološki uvjeti) nisu utvrđene statistički značajne razlike ($N = 20$, Kruskal-Wallis χ^2 test = 0,856–3,918, $p > 0,05$) među kategorijama ekološkog stanja temeljem multimetričkog indeksa opće degradacije (Slike 15 - 17). Najveća odstupanja zabilježena su kod vrijednosti koja ukazuju na morfološke uvjete te kod ukupnih hidromorfoloških vrijednosti (Slike 17 i 18). Navedene vrijednosti mahom ukazuju na loše ili vrlo loše hidromorfološko stanje, što znatno odstupa od vrijednosti dobivenih temeljem makrozoobentosa odnosno MMI_Opdeg. Usporedba vrijednosti novog multimetričkog indeksa opće degradacije među kategorijama hidromorfološkog stanja nije utvrdila statistički značajne razlike ($N = 20$, Kruskal-Wallis χ^2 test = 3,141, $p = 0,535$) (Slika 19).



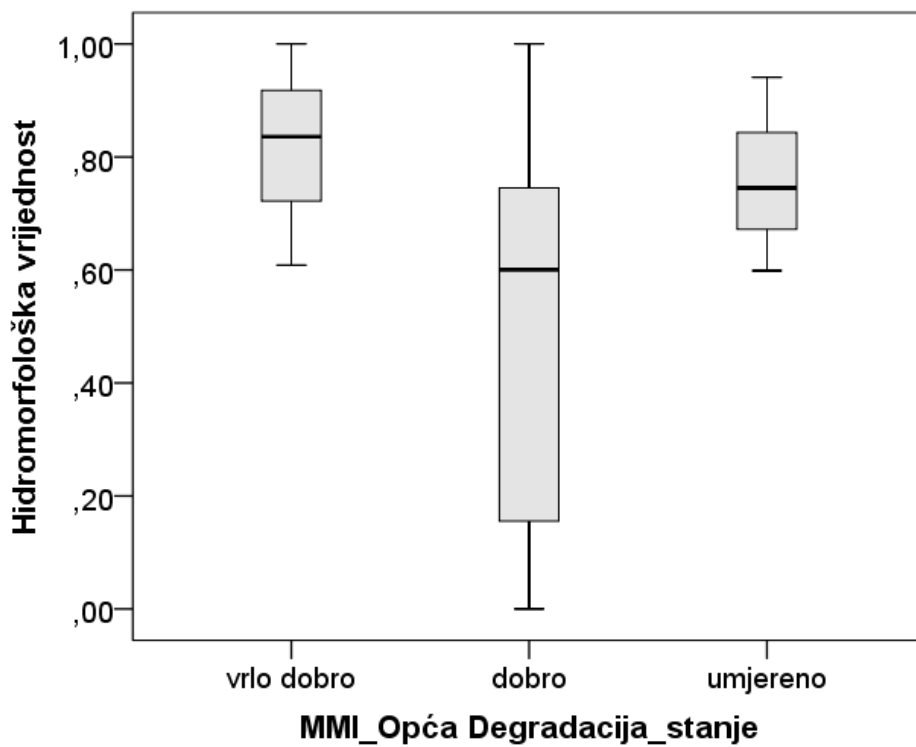
Slika 15. Odnos između kategorija ekološkog stanja temeljem novog indeksa opće degradacije i vrijednosti hidrološkog režima.



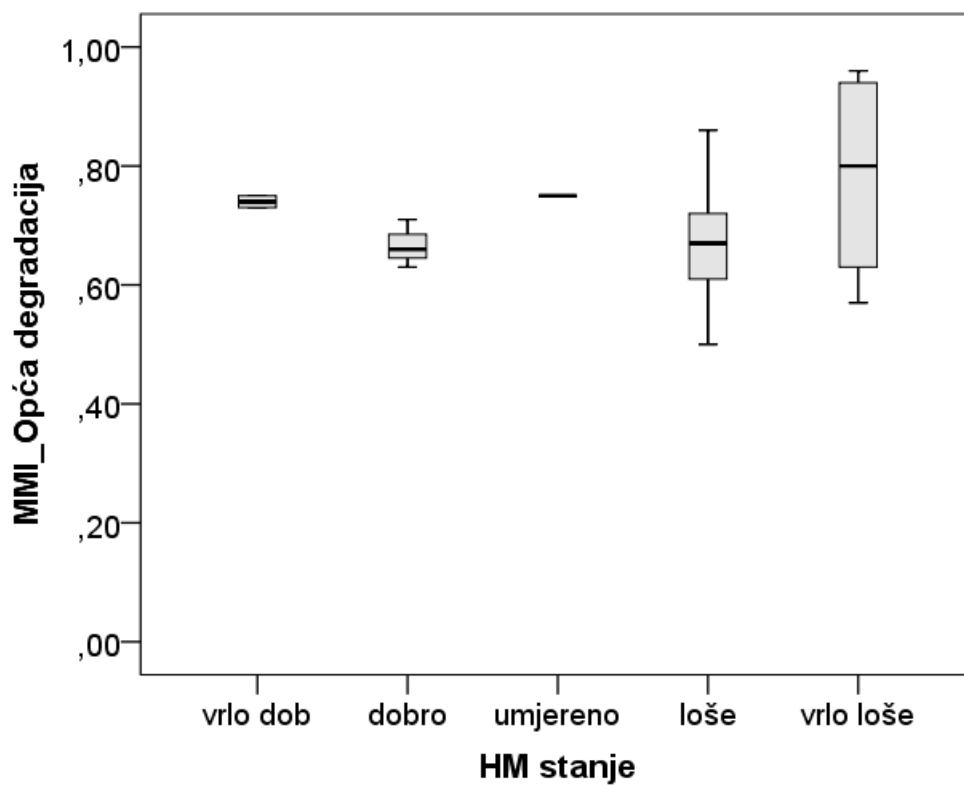
Slika 16. Odnos između kategorija ekološkog stanja temeljem novog indeksa opće degradacije i vrijednosti kontinuiteta rijeke.



Slika 17. Odnos između kategorija ekološkog stanja temeljem novog indeksa opće degradacije i vrijednosti morfoloških uvjeta.



Slika 18. Odnos između kategorija ekološkog stanja temeljem novog indeksa opće degradacije i hidromorfološke vrijednosti.



Slika 19. Odnos između kategorija hidromorfološkog stanja i vrijednosti novog indeksa opće degradacije.

4.0 SINTEZA, ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Klasifikacijski sustav ocjene ekološkog stanja je propisan je Uredbom o standardu kakvoće voda iz 2013. i 2015. godine. Prema Uredbi za ocjenu ekološkog stanja na temelju makrozoobentosa potrebno je izračunati dva modula: saprobnost (određivanje utjecaja opterećenja rijeka organskim tvarima) te opća degradacija (određivanje utjecaja ukupnih antropogenih promjena). Modul opća degradacija uzima u obzir različita opterećenja (hidromorfološka degradacija, hranjive tvari, korištenje zemljišta u slivu – engl. Corine Land Cover i dr.). Hidromorfološke promjene su u Europskoj uniji prepoznate kao jedan od najznačajnijih opterećenja u velikim rijekama. Za vodno gospodarstvo, prilikom izrade planova upravljanja riječnim slivom od posebne je važnosti kvantificirati opterećenja i utvrditi kako pojedini biološki element kakvoće reagira na gradijent opterećenja, radi provedbe odgovarajućih mjera. Prema Mihaljević i sur. (2011) predlaže se sustav ocjene ekološkog stanja vrlo velikih rijeka, najvećim dijelom temeljem ekspertne procjene. U danom trenutku nije bilo moguće izraditi sustav ocjene baziran na statističkoj analizi utvrđivanja veze između makrozoobentosa i pritisaka, iz dva razloga; nisu bili dostupni kvalitetni podatci glede hidromorfološkog stanja te podatci o sastavu i strukturi makrozoobentosa bili su dostupni s postaja koje karakterizira mali gradijent pritisaka. Model ocjene ekološkog stanja baziran na ekspertnoj procjeni ugrađen je u Uredbu o standardu kakvoće voda. Za modul opća degradacija propisuje se korištenje multimetričkog indeksa koji uključuje slijedeće metrike za tipove 5b i 5c (Sava, Drava i Mura):

- H - Indeks raznolikosti (Shannon-Wiener),
- RI - Ritron indeks,
- ALP% - Udio svojiti koje preferiraju šljunkoviti, valutičasti i pjeskoviti tip supstrata tekućica,
- P/S% - Udio pobirača/sakupljača,
- Indeks biocenotičkog područja (IBR)

Budući da su u međuvremenu prikupljeni i dodatni podatci o ocjeni (*in situ*) riječnog staništa (na mjestima gdje su bili dostupni podaci o sastavu i strukturi makrozoobentosa), koristeći metodu ocjene riječnih staništa RHS (engl. River Habitat Survey), a baza bioloških podataka je povećana i uključuje podatke uzduž širokog gradijenta pritisaka, bilo je moguće provesti statističke analize i testirati model koji je razvijen na bazi ekspertne procjene. Osim morfoloških

karakteristika staništa, u analize su uključeni i podaci o utjecaju brana (veličina brana i udaljenost od postaja uzorkovanja) te su navedeni hidromorfološki podaci kvantificirani kroz pet hidromorfoloških indeksa:

- 1) Indeks kakvoće riječnih staništa (RHQ)
- 2) Indeks promijenjenosti riječnih staništa (RHM)
- 3) Indeks hidrološke promijenjenosti (HLM)
- 4) Indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM)
- 5) Indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM)

Budući da su biološki i hidromorfološki podaci prikupljeni s niza postaja, od onih na kojima je minimalan antropogeni utjecaj do onih s značajnim utjecajem (postaje unutar riječnih akumulacija), jasno je definiran hidromorfološki gradijent, i bilo je moguće utvrditi vezu između bioloških i hidromorfoloških pokazatelja unutar gradijenta. U prvom koraku statistički su testirane metrike koje su predložene ekspertnom procjenom (Mihaljević i sur., 2011). Od pet predloženih metrika, a koje su prethodno i pobrojane prihvatljiva korelacija (Spearman) je zabilježena samo s metrikom ALP%. U međuvremenu su testirane i dodatne metrike, no prihvatljive Spearmanove korelacije čija je vrijednost veća od 0,5 bila je utvrđena samo za metriku ALP (100%). Obje metrike pripadaju kategoriji funkcionalnih metrika, te se trebalo odlučiti za jednu od dvije navedene. Budući da je metrika ALP (100%) pokazivala veću Spearmanovu korelaciju s hidromorfološkim gradijentom navedena je odabrana kao jedna od metrika za novi multimetrički indeks. Budući da niti jedna od metrika iz skupine osjetljivih / tolerantnih, a koje se izračunavaju pomoću računalnog programa ASTERICS temeljem podataka o sastavu i strukturi makrozoobentosa, nije pokazivala dostatnu i pouzdanu Spearmanovu korelaciju, odlučili smo se testirati metriku „Indeks riječne faune velikih rijeka“ (RFI_{VR}), koja je razvijena prema Urbanič (2014). Prije testiranja provedene su dodatne statističke multivarijantne analize (CCA) radi određivanja hidromorfoloških vrijednosti i vrijednosti indikatorske težine za svojte koje su bile zastupljene u našim uzorcima, a njihove vrijednosti dosada nisu bile poznate. Budući da je metrika RFI_{VR} pokazivala zadovoljavajuću Spearmanovu korelaciju s hidromorfološkim gradijentom poput metrike ALP (100%), obje metrike su odabrane za novi MMI. Iako ODV preporuča korištenje i metrika iz skupine bogatstva/raznolikosti, za navedenu se nismo odlučili iz razloga što niti jedna metrika iz navedene skupine nije pokazivala zadovoljavajuću korelaciju s hidromorfološkim gradijentom.

Sa sličnim problemom susreću se i drugi autori prilikom istraživanja veze između makrozoobentosa i pritiska (Feld i sur. 2014, Urbanič 2014).

Dobre i statistički značajne korelacije utvrđene su između metrika koje grade multimetrički indeks opće degradacije te pojedinih parametara zemljišnog pokrova i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara. No, ipak su međusobni odnosi bili suprotni od očekivanih. Tako je npr. odnos između MMIOpDeg i prirodnog zemljišnog pokrova negativan, što drugim riječima znači, da kod najboljeg ekološkog stanja bilježimo najmanji udio prirodnog zemljišnog pokrova. Slični odnos je utvrđen i između MMIOpDeg i pojedinih fizikalno-kemijskih parametra (elektrovodljivosti, KPK, ukupnog dušika, ortofosfata; Spearmanova korelacija $\geq 0,5$, $p < 0,01$). Navedeno ukazuje, da je od svih testiranih pritiska, hidromorfološki pritisak dominantan te da novi indeks Opće degradacije najvećim dijelom ukazuje na utjecaj hidromorfoloških promjena na zajednicu makrozoobentosa, te da je utjecaj drugih pritiska znatno manji.

Temeljem navedenog predlaže se uvođenje novog multimetričkog indeksa opće degradacije koji se izračunava prema sljedećoj formuli:

$$[(MMI)]_{OpDeg} = (ALP(100\%) + [(RFI)]_{VR}) / 2$$

Gdje je :

ALP(100%) – udio svojti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat

RFIVR – indeks riječne faune velikih rijeka

Za obje metrike koje su uključene u multimetrički indeks opće degradacije (MMIOpDeg), utvrđene su najbolje statistički značajne korelacije sa hidromorfološkim parametrima (Spearmanova korelacija $> 0,6$). Temeljem navedenog indeksa dobivene su slijedeće ocjene ekološkog stanja prema zajednici makrozoobentosa (za postaje iz baze podataka koje su smještene u Hrvatskoj):

Rijeka	Postaja	MMI_OpDeg	MMI_OpDeg_trans
Mura	Peklenica	0.77	0.66
Mura	Goričan	0.86	0.75
Drava	Križovljan-grad	0.82	0.71
Drava	Akumulacija Ormož 2	0.22	0.19
Drava	Akumulacija Ormož 1	0.29	0.24
Drava	Botovo	0.62	0.50
Drava	Botovo	0.76	0.65
Drava	Terezino Polje	0.97	0.94
Drava	Dolnji Miholjac	0.83	0.72
Drava	Višnjevac	0.78	0.67
Sava	Drenje	0.85	0.75
Sava	Zagreb, Jankomir	0.74	0.63
Sava	Galdovo	0.68	0.57
Sava	Jasenovac	0.72	0.61
Sava	Davor	0.87	0.77
Sava	Davor	0.93	0.86
Sava	Slavonski Šamac	0.90	0.80
Sava	Županja	0.98	0.96
Sava	Račinovci	0.63	0.51
Sava	Drenje	0.84	0.73
Drava	Belišće	0.74	0.64
Sava	Račinovci	0.82	0.72

Kao što je vidljivo većina postaja se nalazi u granicama dobrog i vrlo dobrog stanja, što je i očekivano ako se istraživane rijeke (Mura, Drava, Sava) uspoređuju s drugim vrlo velikim europskim rijekama. Da indeks dobro funkcionira pokazuju vrijednosti koje su zabilježene za akumulaciju Ormož. Radi značajnih hidromorfoloških promjena vrijednosti MMI indeksa ukazuju na loše i vrlo loše (0,24 i 0,19).

Jedan od zadataka studije bio je i utvrditi vezu između multimetričkog indeksa i ocjene hidromorfoloških pokazatelja u skladu s prilogom 11b Uredbe o standardu kakvoće voda (2013). Temeljem Uredbe ocjena hidromorfoloških pokazatelja te ukupna ocjena hidromorfološkog stanja provodi se temeljem modela koji se koristi u Hrvatskoj za potrebe izrade Planova upravljanja riječnim slivom. Za niti jedan od elementa hidromorfološkog stanja (hidrološki režim, kontinuitet rijeke, morfološki uvjeti) nisu utvrđene statistički značajne razlike među kategorijama ekološkog stanja temeljem multimetričkog indeksa opće degradacije. Najveća odstupanja zabilježena su kod vrijednosti koja ukazuje na morfološke uvjete i ukupna hidromorfološka vrijednost. Navedene vrijednosti mahom ukazuju na loše ili vrlo loše hidromorfološko stanje, što znatno odstupa od vrijednosti dobivene temeljem makrozoobentosa

odnosno MMI. Držimo da se morfološko stanje prema navedenom modelu ocjenjuje prestrogo, tj. prevelika se težina daje elementu plovidbe odnosno pritisku koji je povezan s navedenim elementom. Prema rezultatima dobivenim na temelju MMI očito je da plovni put nema tako drastičan utjecaj na zajednicu makrozoobentosa. Također se čini da je za elemente hidrolškog režima i kontinuiteta rijeka postavljena preuska granica za vrlo dobro i dobro stanje što je uvjetovalo da navedeni hidrolški elementi ne pokazuju statistički značajne razlike na postajama gdje MMI ukazuje na dobro, vrlo dobro i umjereno stanje. Stoga predlažemo da se još jedno preispitaju granice klasa za model koji se koristi prilikom ocjene hidromorfolškog stanja (prilog 11b Uredbe o standardu kakvoće voda). Također predlažemo da se po potrebi preispitaju pokazatelji koji se koriste u ocjenu hidrolškog režima i kontinuiteta rijeke te da se izvrši harmonizacija s rezultatima koji su dobiveni temeljem makrozoobentosa odnosno MMI indeksa.

5.0 LITERATURA

Corine Land Cover, 2007. European Environment Agency.

Feld C.K., de Bello F., Doledec S. 2014. Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydromorphological alteration in lowland river macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 59: 233-248

Mihaljević, Z. i sur., 2011. Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, (Knjiga I). Elaborat, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu Zagreb.

Tavzes, B., Urbanič, G. 2009. New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study. *Rev Hydrobiol* 2:133–161

Ter Braak, C.J.F., Smilauer, P. 2012. *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, Version 5.0*. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496.

Urbanič, G. 2009. Razvoj metodologij za vrednotenje hidromorfološke spremenjenosti »velikih rek« v Sloveniji na podlagi bentoških nevretenčarjev. *Eko-voda, Zgornja Ščavnica*, 68 str.

Urbanič, G. 2011. Ecological status assessment of the rivers in Slovenia – an overview. *Nat Slov* 13:5–16

Urbanič, G. 2014. Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia. *Hydrobiologia* 729:191-207

Urbanič G., Mihaljević Z., Petkovska V., Pavlin Urbanič M. 2013. Ocjena ekološkog stanja velikih rijeka temeljem makrozoobentosa te upravljanje usmjereno na hidromorfološke promjene. Bilateralni projekt Hrvatska - Slovenija.

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

Water Framework European Union Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, *Official Journal of the European Communities*, 2000.



R 1.33.

SUSTAV OCJENE EKOLOŠKOG STANJA VELIKIH RIJEKA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA

Zlatko Mihaljević, Gorazd Urbanič, Ivančica Ternjej

SAŽETAK: Sustav ocjene ekološkog stanja velikih rijeka Republike Hrvatske temeljem makrozoobentosu bazira se na dva modula: saprobnost (određivanje utjecaja opterećenja rijeka organskim tvarima) te opća degradacija. Modul opća degradacija uzima u obzir različita opterećenja (hidromorfološka degradacija, hranjive tvari, korištenje zemljišta u slivu – engl. *CORINE Land Cover* i dr.). Konačnu ocjena ekološkog stanja temeljem makrozoobentosu određuje onaj modul koji ukazuje na lošije stanje. Hidromorfološke promjene su prepoznate kao jedan od najznačajnijih opterećenja u velikim rijekama. Modul opće degradacije temeljem makrozoobentosu razvijen je na temelju baze podataka koja uključuje 44 postaje na vrlo velikim rijekama; Muri, Dravi i Savi. Istraživačke postaje uključuju one s minimalnim antropogenim utjecajem te one sa značajnim utjecajem (postaje unutar riječnih akumulacija). Budući da je jasno definiran hidromorfološki gradijent, bilo je moguće utvrditi vezu između bioloških i hidromorfoloških pokazatelja unutar gradijenta. Razvijen multimetrički indeks opće degradacije uključuje dvije metrike koje su pokazivale visoku Spearmanovu korelaciju s hidromorfološkim gradijentom: ALP (100 %) – udio svojiti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat i RFI_{VR} – indeks riječne faune velikih rijeka. Sustav ocjene uspješno je interkalibriran tijekom postupka interkalibracije metoda razvijenih za velike rijeke u državama članicama EU.

KLJUČNE RIJEČI: velike rijeke, makrozoobentos, ekološko stanje

ECOLOGICAL STATUS ASSESMENT SYSTEM FOR LARGE RIVERS BASED ON MACROZOOBENTHOS

ABSTRACT: The Croatian ecological status assesment system for large rivers based on macrozoobenthos is based on two modules: saprobity (assessment of organic enrichment impact on rivers) and general degradation. The general degradation module covers different stressors (hydromorphological degradation, nutrients, land use in a river basin - *CORINE Land Cover*, etc.). The final ecological status assessment based on macrozoobenthos is determined by the module indicating a worse status. Hydromorphological changes have been recognized as one of the most significant pressures in large rivers. The general degradation module based on macrozoobenthos has been developed from a database that includes data from 44 stations on very large rivers – the Mura, Drava and Sava Rivers,

which comprise of those with a minimum anthropogenic impact and those with a significant one (stations within river reservoirs). Since the hydromorphological gradient was clearly defined, it was possible to establish a link between the biological and hydromorphological indices within the gradient. The multimetric index for assessing general degradation was developed, consisting of two metrics showing a high Spearman correlation with the hydromorphological gradient: the ALP (100 %) – a proportion of taxa preferring akal + lithal + psammal substrate and the RFI_{VR} – River fauna index for large rivers. The assessment system was successfully intercalibrated during the process of intercalibration of methods developed for large rivers in EU Member States.

KEYWORDS: large rivers, macrozoobenthos, ecological status

1. UVOD

Fizikalno-kemijska te hidrološka i morfološka obilježja slatkih voda imaju krucijalan utjecaj na biološka zajednice, te se krajem prošlog stoljeća u znanstvenim krugovima zagovara integralan pristup u ocjenjivanju kakvoće vode. Stoga u SAD-u u započinje ocjenjivanja tzv. ekološkog integriteta (Barbour i drugi, 1999), a u Europi se uvodi i primjenjuje Okvirna direktiva o vodama (ODV) Europske unije (EU, 2000) te se uvodi ocjena ekološkog stanja temeljem bioloških elemenata kakvoće: makrozoobentosa, fitobentosa, makrofitna, riba i fitoplanktona. Za donošenje odluka u vodnom gospodarstvu od neobične je važnosti za svaki biološki element identificirati pojedine indekse (metrike) temeljem sastava i strukture zajednica te biološke indikatore koji odgovaraju na antropogene utjecaje na predvidljiv način. Klasifikacija ekološkog stanja treba se temeljiti na funkcionalnim vezama između opterećenja i odziva bioloških zajednica.

Klasifikacijski sustav ocjene ekološkog stanja u Hrvatskoj je propisan Uredbom o standardu kakvoće voda iz 2013. godine. Pema Uredbi za ocjenu ekološkog stanja vrlo velikih rijeka (tipovi 5b i 5c; Sava, Drava i Mura) na temelju makrozoobentosa potrebno je izračunati dva modula: saprobnost (određivanje utjecaja opterećenja rijeka organskim tvarima) te opća degradacija (određivanje utjecaja ukupnih antropogenih promjena). Konačnu ocjena ekološkog stanja temeljem makrozoobentosa određuje onaj modul koji ukazuje na lošije stanje. Modul opća degradacija uzima u obzir različita opterećenja (hidromorfološka degradacija, hranjive tvari, korištenje zemljišta u slivu – engl. *CORINE Land Cover* i dr.), te se primarno bazira se na statističkoj analizi utvrđivanja veze između zajednice makrozoobentosa i pritisaka. Modul saprobnost izračunava se temeljem slijedećih indeksa: hrvatski saprobni indeks (SIHR), ukupan broj svojiti (UBS), udio oligosaprobnih indikatora (OSI %) i BMWP bodovni indeks (BMWP). Modul opća degradacija izračunava se temeljem slijedećih indeksa: Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H), Udio svojiti koje preferiraju šljunkoviti, valutičasti i pjeskoviti tip supstrata (ALP %), Udio pobirača/sakupljača (P/S %) i Indeks biocenotičkog područja (IBR). Navedeni indeksi nisu bili testirani na pojedine stresore te su se bazirali na ekspertnoj procjeni.

U ovom radu predlažu se metrike koje pokazuju direktnu vezu s pritiscima, a posebice hidromorfološkim gradijentom, jer su hidromorfološke promjene prepoznate kao jedan od najznačajnijih opterećenja u velikim rijekama.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODE RADA

Sustav ocjene ekološkog stanja velikih rijeka testiran je temeljem baze podataka o sastavu i strukturi makrozoobentosa s 44 postaje na vrlo velikim rijekama; Muri, Dravi i Savi (veličina sliva > 10000 km²) (Slika 1). Podatci su preuzeti iz slijedećih izvora: Urbanič, 2009; 2011; 2014, Urbanič i drugi, 2013 i Mihaljević i drugi, 2011. Uzorci su prikupljeni u razdoblju od 2006. – 2012., frekvencijom jednom godišnje, ali su neke postaje uzorkovane višekratno tijekom navedenog razdoblja. Uzorkovana su sva raspoloživa mikrostaništa (engl. *multi-habitat sampling*) na pojedinoj mjernoj postaji, pri čemu se prikupljalo 20 poduzoraka raspoređenih razmjerno udjelu mikrostanišnih tipova. Detaljni opisi uzorkovanja i obrade uzoraka opisani su u Mihaljević i drugi, 2011 i Urbanič, 2014.



Slika 1. Položaj istraživanih postaja na Muri, Dravi i Savi.

Temeljem terenske ocjene riječnih staništa RHS (engl. *River Habitat Survey*) za sve 44 postaje te podataka o utjecaju brana (veličina brana i udaljenost od postaja uzorkovanja), dobiveni su hidromorfološki podatci koji su kvantificirani kroz pet hidromorfoloških indeksa (Tavzes i Urbanič, 2009; Urbanič, 2014):

- a. indeks kakvoće riječnih staništa (RHQ),
- b. indeks promijenjenosti riječnih staništa (RHM),
- c. indeks hidrološke promijenjenosti (HLM),
- d. indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM),
- e. indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM).

Indeks riječne faune za velike rijeke bio je izrađen temeljem podataka o sastavu i strukturi makrozoobentosa velikih rijeka (veličina sliva > 1000 km²) (Urbanič, 2014), uključujući i podatke s 44 postaje koji su korišteni u ovom radu. Za izračun indeksa riječne faune za velike rijeke (RFI_{VRj}) koristimo slijedeću formulu:

$$RFI_{VRj} = \frac{\sum_{i=1}^n ac_i \times Rf_i \times HW_i}{\sum_{i=1}^n ac_i \times HW_i} \quad (1)$$

gdje je:

ac_i – razred brojnosti svojte i

Rf_i – vrijednost riječne faune svojte i

HW_i – hidromorfološka indikatorska težina svojte i

Hidromorfološke indikatorske vrijednosti odnosno vrijednosti riječne faune (Rf_i) bile su određene korištenjem vrijednosti svojti (*species scores*) prve CCA osi (engl. *biplot scaling*):

$$Rf_i = \frac{SC_CCA1_i}{SC_CCA1_{\max}} \quad (2)$$

gdje je:

SC_CCA1_i - vrijednosti prve CCA osi svojte i ,

SC_CCA1_i – apsolutna maksimalna vrijednost svojti prve CCA osi.

Hidromorfološke indikatorske težine (HM_i) bile su određene temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (engl. *root mean squared deviation for species*) prve CCA osi prema tablici 1.

Tablica 1. Način određivanja hidromorfološke težine (HM_i) pojedinih svojti temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (*root mean squared deviation for species*) prve CCA osi

Tolerantna vrijednost (t_i)	HM_i
$t_i < 0.2$	5
$0.2 < t_i < 0.4$	4
$0.4 < t_i < 0.6$	3
$0.6 < t_i < 0.8$	2
$t_i > 0.8$	1

Vrijednosti za odabrane fizikalno-kemijske pokazatelje vode za 44 istraživane postaje preuzeti iz baze Hrvatskih voda te iz slijedećih izvora: Urbanič (2009, 2011, 2014) i Urbanič i sur. (2013).

Za zemljišni pokrov koristili smo podatke iz baze *CORINE land cover data 2007* (CLC 2007; European Environmental Agency; www.eea.europa.eu/). Prikupili smo podatke za pet parametra zemljišnog pokrova: prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5), urbana područja (CLC razred 1), ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4) i intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2).

Za statističke analize korišteni su statistički paketi SPSS 21.0 (SPSS Inc., 2012) i Canoco 5 (Ter Braak i Šmilauer, 2013).

3. REZULTATI I RASPRAVA

U analiziranim uzorcima makrozoobentosa u Muri, Dravi i Savi ukupno su zabilježene 263 svojte. Od svih zabilježenih svojti, deset pripada kategoriji stranih vrsta. U uzorcima su se najčešće pojavljivali predstavnici maločetinaša (Oligochaeta) iz porodice Tubificidae (bez nitastih četina), hironomidne ličinke iz porodice Orthocladiinae te plemena Chironomini i predstavnik rakušaca *Gammarus fossarum*. Temeljem podataka o sastavu i strukturi zajednice makrozoobentosa pomoću računalnog programa ASTERICS izračunat je niz metrika koje su korelirane (Spearmanove korelacije) s pojedinim pritiscima (korištenje zemljišta u slivu, odabrani fizikalno-kemijski pokazatelji, hidromorfološki indeksi). Dodatno je testirana je i metrika „Indeks riječne faune velikih rijeka“ (RFI_{VR}), koja je razvijena prema Urbanič, 2014. Metrike ALP (100 %) i RFI_{VR} pokazale su najbolje statistički značajne korelacije sa hidromorfološkim parametrima (Spearmanova korelacija > 0,6), te su navedene i ugrađene u novi multimetrčki indeks opće degradacije koji se izračunava se prema sljedećoj formuli:

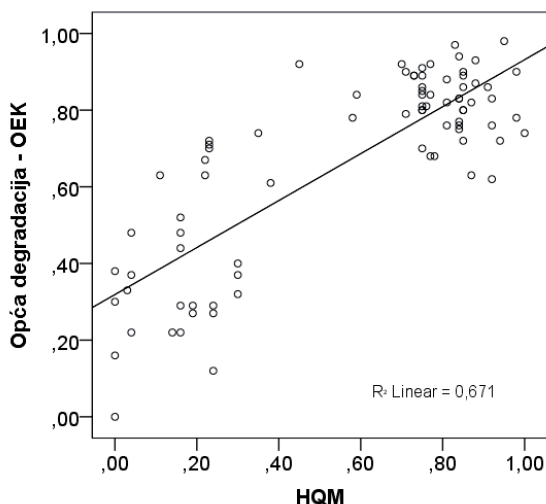
$$MMI_{OpDeg} = \frac{ALP(100\%) + RFI_{VR}}{2} \quad (3)$$

gdje je :

ALP(100%) – udio svojti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat

RFI_{VR} – indeks riječne faune velikih rijeka

Dobro objašnjen odnos ($R^2 = 0,67$) između indeksa HQM i MMI_{OpDeg} prikazan je na slici 2.



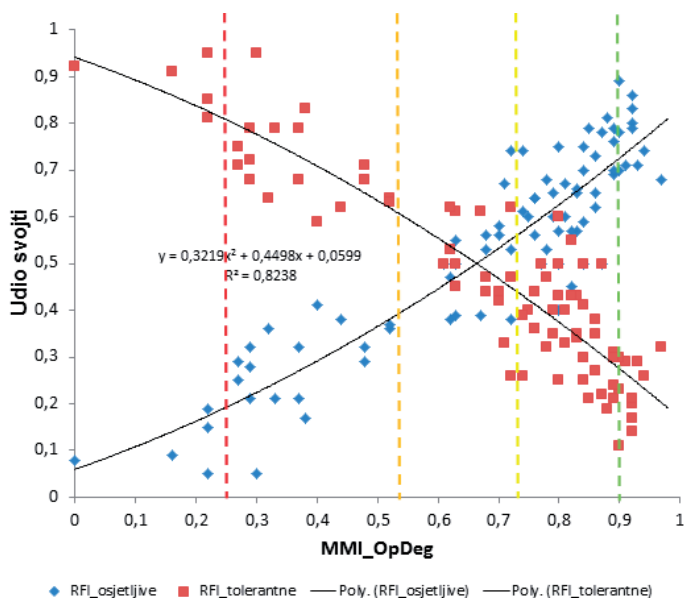
Slika 2. Odnos između indeksa hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM) i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem novog indeksa opće degradacije

Iako ODV preporuča korištenje i metrika iz skupine bogatstva/raznolikosti, za navedenu se nismo odlučili iz razloga što niti jedna metrika iz navedene skupine nije pokazivala zadovoljavajuću korelaciju s hidromorfološkin gradijentom. Sa sličnim problemom susreću se i drugi autori prilikom istraživanja veze između makrozoobentosa i pritisaka (Feld i drugi, 2014, Urbanič, 2014). Dobre i statistički značajne korelacije utvrđene su između metrika koje grade multimetrički indeks opće degradacije te pojedinih parametara zemljišnog pokrova i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara. No, ipak su međusobni odnosi bili suprotni od očekivanih. Tako je npr. odnos između MMI_{OpDeg} i prirodnog zemljišnog pokrova negativan, što drugim riječima znači, da kod najboljeg ekološkog stanja bilježimo najmanji udio prirodnog zemljišnog pokrova. Slični odnos je utvrđen i između MMI_{OpDeg} i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara (elektrovodljivost, KPK, ukupan dušik, ortofosfat; Spermanova korelacija $\geq 0,5$, $p < 0,01$). Navedeno ukazuje, da je od svih testiranih pritisaka, hidromorfološki pritisak dominantan. Gradijenti opterećenja ostalih grupa pritisaka su znatno manji od hidromorfološkog gradijenta, zbog čega je i njihov utjecaj na zajednicu očekivano manji. Za metrike uključene u MMI indeks određene su referentne i najlošije vrijednosti za dva tipa vrlo velikih rijeka (HR-R_5B i HR-R_5C) (Tablica 2). Za indeks riječne faune velikih rijeka određene su jednake referentne vrijednosti kao i jednake najlošije vrijednosti. Navedeni riječni tipovi međusobno se razlikuju u referentnoj vrijednosti indeksa ALP (100 %), koja je za tip HR-R_5B nešto veća.

Tablica 2. Referentne vrijednosti i najlošije vrijednosti za odabrane metrike novog indeksa opće degradacije za tipove HR-R_5B i HR-R_5C uz korištenu statističku metodu. (ALP_100% - udio svojti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat, RFIVR - indeks riječne faune za velike rijeke, HR-R_5B - nizinske vrlo velike tekućice – donji tok Mure i srednji tok Save i Drave, HR-R_5C - nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Save i Drave, N – broj podataka

Granica	Tip rijeke	Metoda	N	Tip_ALP_100%	RFI _{VR}
Referentna vrijednost	HR-R_5B	95ti/5ti percentil – HM razred 1	24	99	-0,16
	HR-R_5C	maksimum – HM razred 1	5	81	-0,16
Najlošija vrijednost	HR-R_5B	minimum – svi podatci	86	8	0,46
	HR-R_5C	minimum – svi podatci	86	8	0,46

Granice između kategorija ekološkog stanja određene su na osnovu promjena u zajednici makrozoobentosa (odnosa osjetljivih i tolerantnih svojti) temeljem MMI_{OpDeg} (Slika 3). Granica vrlo dobro/dobro postavljena je na mjesto gdje se je počeo smanjivati udio osjetljivih svojti. Na mjesto gdje je udio osjetljivih i tolerantnih svojti izjednačen postavljena je granica dobro/umjereno.



Slika 3. Određivanje granica između kategorija ekološkog stanja na temelju raspodjele osjetljivih i tolerantnih svojiti uzduž gradijenata indeksa opće degradacije (MMI_OpDeg)

U tablici 3 prikazane su granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije. Radi ujednačavanja raspona vrijednosti ekološkog stanja, načinjena je transformacija prema postupku opisanom u tablici 4.

Tablica 3. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije (MMI_Opdeg) prije i poslije transformacije

Granica	Omjer ekološke kakvoće	Omjer ekološke kakvoće - transformiran
vrlo dobro/dobro	0.90	0.80
dobro/umjereno	0.71	0.60
umjereno/loše	0.53	0.40
loše/vrlo loše	0.23	0.20

Tablica 4. Formule za transformaciju vrijednosti novog indeksa opće degradacije ovisno od vrijednosti indeksa

Ekološko stanje	MMI _{OpDeg}	Transformiran MMI _{OpDeg}
vrlo dobro	≥0,90	$0,8 + 0,2 * (\text{MMI}_{\text{OpDeg}} - 0,90)/(1,00 - 0,90)$
dobro	0,71 - 0,89	$0,6 + 0,2 * (\text{MMI}_{\text{OpDeg}} - 0,71)/(0,90 - 0,71)$
umijeren	0,53 - 0,70	$0,4 + 0,2 * (\text{MMI}_{\text{OpDeg}} - 0,53)/(0,71 - 0,53)$
loše	0,23 - 0,53	$0,2 + 0,2 * (\text{MMI}_{\text{OpDeg}} - 0,23)/(0,53 - 0,23)$
vrlo loše	0,00 - 0,22	$0,2 * (\text{MMI}_{\text{OpDeg}})/(0,23)$

Također preporučamo za potrebe modula saprobnost korištenje isključivo indeksa saprobnosti (IS), jer su drugi indeksi koji se koriste u navedenom modulu (Uredba o standardu kakvoće voda, 2013) redundantni.

ZAKLJUČAK

Multimetrički indeks opće degradacije bazira se na dvije metrike ALP (100 %) i RFI_{VR}, te pokazuje dobar odnos s pojedinim fizikalno-kemijskim pokazateljima (elektrovodljivost, KPK, ukupan dušik, ortofosfat). No, najbolje i statistički značajne korelacije multimetrički indeks opće degradacije pokazuje sa hidromorfološkim parametrima (Spearmanova korelacija > 0,6), što ukazuje da je u vrlo velikim rijekama Republike Hrvatske hidromorfološki pritisak dominantan. Budući da je sustav ocjene, koji se bazira na prethodno navedenim metrikama uspješno interkalibriran tijekom postupka interkalibracije metoda razvijenih za velike rijeke u državama članicama EU, predlažemo da se novi multimetrički indeks za vrlo velike rijeke ugradi u Uredbu o standardu kakvoće voda.

LITERATURA

- [1] European Environment Agency, (2007): *CLC 2006 Technical Guidelines*, 66 str.
- [2] Europska komisija (Official Journal of European Communities), 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy—EU Water Framework Directive (WFD)*.
- [3] Feld, CK, de Bello, F, Doledec S, (2014): *Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydromorphological alteration in lowland river macroinvertebrates*. *Freshwater Biology* 59: 233-248.
- [4] Mihaljević, Z, i drugi, (2011): *Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, (Knjiga I)*. Elaborat, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu Zagreb.
- [5] Tavzes, B, Urbanič, G, (2009): *New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study*. *Review of Hydrobiology*, 2:133–161.

- [6] Ter Braak, C.J.F., Smilauer, P. (2012): *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, Version 5.0*. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 str.
- [7] Urbanič, G. (2009): *Razvoj metodologij za vrednotenje hidromorfološke spremenjenosti »velikih rek« v Sloveniji na podlagi bentoških nevretenčarjev*. Eko-voda, Zgornja Ščavnica, 68 str.
- [8] Urbanič, G. (2011): *Ecological status assessment of the rivers in Slovenia – an overview*. *Natura Sloveniae*, 13:5–16.
- [9] Urbanič, G. (2014): *Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia*. *Hydrobiologia*, 729:191-207.
- [10] Urbanič, G., Mihaljević, Z., Petkovska, V., Pavlin Urbanič, M., Ivković, M. (2013): *Ocjena ekološkog stanja velikih rijeka temeljem makrozoobentosa te upravljanje usmjereno na hidromorfološke promjene*. Bilateralni projekt Hrvatska - Slovenija.
- [11] Uredba o standardu kakvoće voda, (2013): Narodne novine broj 73/2013.

AUTORI

prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević ^a
izv. prof. dr. sc. Gorazd Urbanič ^b
prof. dr. sc. Ivančica Ternjej ^a

^a Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, zlatko.mihaljevic@biol.pmf.hr, ivancica.ternjej@biol.pmf.hr

^b Selo pri Mirni 17, 8233 Mirna, Slovenija, gorazd.urbanic@gmail.com