

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

**Horvatovac 102a, Zagreb**



**Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije**



**Voditeljica projekta:**

**izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija** \_\_\_\_\_

**Pročelnica Biološkog odsjeka PMF-a:**

**izv. prof. dr. sc. Sandra Radić Brkanac** \_\_\_\_\_

Zagreb, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

Horvatovac 102a, Zagreb  
Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet

Horvatovac 102a

**Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno  
promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice  
Dinaridske ekoregije**

Voditeljica projekta:

**izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija**

---

**Biološki element kakvoće - makrozoobentos:**

Voditeljica projektnog tima:

izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

Autori elaborata:

izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija  
prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević  
Marina Šumanović, mag. oecol. et prot. nat.

Na terenu sudjelovali:

izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija  
izv. prof. dr. sc. Marko Miliša  
doc. dr. sc. Tvrtko Dražina  
dr. sc. Ivana Pozojević  
dr. sc. Natalija Vučković  
Vesna Gulin, mag. oecol.  
Marina Šumanović, mag. oecol. et prot. nat.  
Svjetlana Vidović, viši tehničar

Suradnici:

prof. dr. sc. Sanja Gottstein  
izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

doc. dr. sc. Marina Vilenica  
dr. sc. Vlatka Mičetić Stanković  
Valentina Dorić, mag. biol. exp.

---

### **Biološki element kakvoće – fitobentos:**

Voditeljica projektnog tima:

izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič

Autori elaborata:

izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič  
doc. dr. sc. Petar Žutinić  
Mirela Šušnjara, mag. oecol.

Na terenu sudjelovali:

Mirela Šušnjara, mag. oecol.  
izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija  
izv. prof. dr. sc. Marko Miliša  
doc. dr. sc. Tvrtko Dražina  
dr. sc. Ivana Pozojević  
dr. sc. Natalija Vučković  
Vesna Gulin, mag. oecol.  
Marina Šumanović, mag. oecol. et prot. nat.  
Svjetlana Vidović

---

### **Biološki element kakvoće – makrofita:**

Voditelj projektnog tima:

prof. dr. sc. Antun Alegro

Autor elaborata:

prof. dr. sc. Antun Alegro

Na terenu sudjelovali:

prof. dr. sc. Antun Alegro  
Nikola Koletić, mag. oecol. et prot. nat.  
dr. sc. Nina Vuković  
Anja Rimac, mag. biol. exp.  
Vedran Šegota, dipl. ing. biol.

---

## **Biološki element kakvoće - ribe:**

Voditelj projektnog tima:

prof. dr. sc. Davor Zanella

Autori elaborata:

doc. dr. sc. Ivana Buj

prof. dr. sc. Davor Zanella

izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta

izv. prof. dr. sc. Perica Mustafić

doc. dr. sc. Zoran Marčić

Lucija Ivić, mag. prot. nat. et mag. biol. exp.

Glavni stručnjak (voditelj) za razvoj metodologije:

doc. dr. sc. Ivana Buj

Glavni stručnjak (voditelj) za terenska istraživanja:

doc. dr. sc. Zoran Marčić

Na terenu sudjelovali:

Sven Horvatić, mag. biol. exp.

Roman Karlović, mag. biol. exp.

Siniša Vajdić, viši tehničar

---

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Pregled odgovarajućih CIS ( <i>Common Implementation Strategy</i> ) vodiča za provedbu Okvirne direktive o vodama.....	3
1.2. Pregled tipova, sustava tipizacije te nacionalnih metoda bioloških elemenata kakvoće i relevantnih pokazatelja/indeksa za ocjenu ekološkog potencijala tekućica i stajaćica (ribe), koje se koriste u zemljama članicama Europske unije .....	10
1.3. Pregled fizičkih promjena koje su uvjetovale proglašavanje vodnih tijela značajno promijenjenim u zemljama članicama Europske unije.....	14
1.4. Pregled Izvješća o zajedničkom razumijevanju u korištenju mjera ublažavanja za postizanje dobrog ekološkog potencijala za znatno promijenjena vodna tijela ( <i>WG ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies, Part 1: impacted by water storage</i> ).....	19
1.5. Pregled Vodiča najbolje prakse za uspostavljanje koncentracija hranjivih tvari za podržavanje dobrog ekološkog stanja ( <i>Best Practice Guide on establishing nutrient concentration to support good ecological status</i> ).....	24
2. Utvrđivanje tipova znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela .....	28
3. Baze podataka korištene prilikom izrade sustava ocjene ekološkog potencijala .....	30
3.1. Statistička obrada podataka .....	36
4. Prikaz bioloških metoda ocjene ekološkog potencijala za svaki biološki element kakvoće.....	38
4.1. Biološki element kakvoće: Makrozoobentos.....	38
4.1.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji .....	38
4.1.1.1. Uzorkovanje .....	38
4.1.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka .....	46
4.1.2. Pristup i grupiranje postaja za ocjenu ekološkog potencijala na osnovu makrozoobentosa.....	49
4.1.3. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na osnovu makrozoobentosa .....	51
4.1.3.1. Odabir referentnih postaja i izračunavanje omjera ekološke kakvoće za makrozoobentos.....	56
4.1.3.2. Utvrđivanje graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala .....	62
4.1.3.3. Korelacija omjera ekološke kakvoće i detektiranih pritisaka .....	62
4.1.3.4. Tipske zajednice i opis bioloških zajednica u dobrom i boljem i umjerenom potencijalu .....	65
4.1.3.5. Vrijednosti maksimalnog ekološkog potencijala i najlošije vrijednosti pokazatelja ekološkog potencijala temeljem BEK-a makrozoobentos.....	70
4.1.3.6. Ekološki potencijal ZPVT/UVT Dinaridske ekoregije prema makrozoobentosu .....	72
4.2. Biološki element kakvoće: Fitobentos.....	82
4.2.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji .....	82
4.2.1.1. Uzorkovanje .....	82
4.2.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka .....	87

4.2.2.	Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala.....	90
4.2.3.	Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na temelju biološkog elementa fitobentos.....	91
4.2.3.1.	Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela prema prirodnim vodnim tijelima – tekućicama Dinaridske ekoregije .....	92
4.2.3.2.	Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela prema principu koji je korišten tijekom izrade sustava za prirodna vodna tijela .....	94
4.2.3.3.	Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela temeljem normalizacije drugog pristupa .....	96
4.2.4.	Ocjena ekološkog potencijala na istraživanim postajama prema fitobentosu....	97
4.2.5.	Odnosi indeksa ( $TDI_{HR}$ ) i Omjera ekološke kakvoće (OEK) sa osnovnim fizikalno-kemijskim pokazateljima; analiza pritiska i odaziv zajednice dijatomeja ....	104
4.2.6.	Analiza strukturalne različitosti dijatomejskih zajednica na istraživanim postajama Dinaridske ekoregije .....	111
4.3.	Biološki element kakvoće: Makrofiti.....	118
4.3.1.	Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji.....	118
4.3.1.1.	Uzorkovanje .....	118
4.3.1.2.	Laboratorijska obrada uzoraka .....	121
4.3.2.	Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala prema makrofitima .....	123
4.3.3.	Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na temelju biološkog elementa makrofiti .....	124
4.3.3.1.	Makrofitske zajednice na referentnim postajama.....	124
4.3.3.2.	Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala prema BEK-u makrofiti ...	129
4.3.3.3.	Detektirani pritisci relevantni za makrofite.....	131
4.3.3.4.	Ocjena ekološkog potencijala na temelju makrofiti.....	132
4.4.	Biološki element kakvoće: Ribe .....	137
4.4.1.	Umjetne stajačice Dinaridske ekoregije.....	143
4.4.1.1.	Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji .....	143
4.4.1.1.1.	Uzorkovanje.....	143
4.4.1.1.2.	Laboratorijska obrada uzoraka.....	146
4.4.1.2.	Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije na osnovu riba.....	146
4.4.1.2.1.	Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa .....	155
4.4.1.2.2.	Definiranje maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala.....	159
4.4.1.2.3.	Izračun omjera ekološke kakvoće (OEK) prema ribama za umjetne stajačice ...	160
4.4.1.2.4.	Opisi zajednica koje odgovaraju dobrom i boljem te umjerenom ekološkom potencijalu .....	162
4.4.1.2.5.	Vrijednosti ekološkog potencijala utvrđene temeljem riba u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije te primjeri mogućih mjera za ublažavanje pritiska.....	162
4.4.2.	Umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije.....	167
4.4.2.1.	Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji .....	167
4.4.2.1.1.	Uzorkovanje.....	167

4.4.2.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka.....	169
4.4.2.2. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba .....	170
4.4.2.2.1. Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa .....	176
4.4.2.2.2. Opisi odgovora metrika riblje zajednice na pritiske prema tipovima znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela .....	177
4.4.2.2.3. Definiranje maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima na temelju riba .....	182
4.4.2.2.4. Opisi ribljih zajednica koje odgovaraju dobrom i boljem te umjerenom ekološkom potencijalu u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama Dinaridske ekoregije .....	185
4.4.2.2.5. Procjena ekološkog potencijala u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama Dinaridske ekoregije na temelju riba kao biološkog elementa te primjeri potencijalnih mjera ublažavanja.....	186
4.4.3. Prikaz novorazvijene metodologije za utvrđivanje ekološkog potencijala umjetnih stajaćica Dinaridske ekoregije na temelju riba .....	192
4.4.4. Prikaz novorazvijene metodologije za utvrđivanje ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba.....	195
5. Određivanje graničnih vrijednosti za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje.....	206
5.1. Granične vrijednosti pratećih fizikalno-kemijskih elemenata kakvoće.....	206
6. Ekološki potencijal znatno promijenjenih i umjetnih površinskih voda - tekućica Dinaridske ekoregije .....	209
7. Zaključak.....	212
8. Prilozi .....	216

Ugovorom (Klasa: 325-01/17-10/167 Urbroj: 374-1-2-18-10, Evid. broj ugovora: 10-011/18) od 16. travnja 2018. godine sklopljenim između HRVATSKIH VODA, pravne osobe za upravljanje vodama iz Zagreba i PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA Sveučilišta u Zagrebu ugovorene su usluge razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za tekućice Dinaridske ekoregije za biološke elemente, kao i za stajaćice Dinaridske ekoregije na temelju riba kao biološkog elementa. Projektni zadatak odnosi se na projekt razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za tekućice Dinaridske ekoregije, točnije uspostavljanje metoda i alata za ocjenu ekološkog potencijala s obzirom na biološke i fizikalno-kemijske elemente kakvoće. Biološki elementi kakvoće za koje se razvija i izrađuje klasifikacijski sustav u ovom projektu, definirani su u Okvirnoj direktivi o vodama, odnosno Uredbi o standardu kakvoće voda, a to su fitobentos, makrofitna, makrozoobentos i ribe za tekućice, dok su ribe jedini biološki element za koji se, u okviru ovog projektnog zadatka, razvija sustav ekološkog potencijala za stajaćice, s obzirom da je za ostale biološke elemente već razvijen.



## 1. Uvod

Fizikalno-kemijska te hidrološka i morfološka obilježja slatkih voda imaju ključan utjecaj na biološke zajednice, a od kraja prošlog stoljeća u znanstvenim se krugovima zagovara integralan pristup u ocjenjivanju kakvoće voda. Uvođenjem Okvirne direktive o vodama (ODV, 2000), temeljene na recentnim znanstvenim spoznajama iz područja ekologije kopnenih voda, biološka obilježja i zajednice postaju ključne u određivanju ekološkog stanja. Prema ODV biološki elementi kakvoće (BEK) - makrozoobentos, fitobentos, makrofiti i ribe čine bazu za određivanje ekološkog stanja tekućica, a osnovni-fizikalno kemijski elementi i hidromorfološki elementi su suportivni elementi. Biološke zajednice su dobri pokazatelji kakvoće vode jer ukazuju na uvjete okoliša tijekom duljeg razdoblja i ne zahtijevaju učestalo uzorkovanje. Poradi zahtjeva ODV, u zemljama EU razvijeni su sasvim novi modeli i sustavi ocjene ekološkog stanja/potencijala temeljem BEK. Sustavi ocjene razvijaju se za različite tipove rijeka, jezera, prijelaznih i priobalnih voda te se inkorporiraju u monitoring programe, čiji rezultati predstavljaju bazu za donošenje odluka za provedbu mjera u Planovima upravljanja vodnim područjima.

Prilikom ocjene ekološkog potencijala tekućica primjenjuju se isti BEK, ali je prisutna značajna razlika u pristupu pri određivanju referentnih uvjeta, odnosno maksimalnog ekološkog potencijala, koji čine osnovu svakog biološkog sustava ocjene slatkih voda.

Iako su referentni uvjeti definirani isključivo za prirodna vodna tijela, ocjenu stanja prema ODV potrebno je dati i za umjetna (UVT), kao i za znatno promijenjena vodna tijela (ZPVT) čije su hidromorfološke značajke uslijed namjene znatno promijenjene u odnosu na prirodno stanje. Umjetna vodna tijela nastala su ljudskom intervencijom na području gdje prije nije bilo vode, dok znatno promijenjena vodna tijela obuhvaćaju prirodna vodna tijela, kojima su se uslijed provedbe hidrotehničkih zahvata, znatno i trajno izmijenila hidromorfološka svojstva (Halleraker i sur. 2016.). Zbog specifičnosti gospodarenja i korištenja, za takva vodna tijela, umjesto dobrog ekološkog stanja ODV određuje postizanje dobrog ekološkog potencijala (DEP, engl. *good ecological potential*, GEP). Slično dobrom ekološkom stanju, dobar ekološki potencijal je relativna mjera gdje maksimalni ekološki potencijal vodnog tijela (MEP, engl. *maximum ecological potential*, MEP) predstavlja referentno stanje. Prilikom ocjene ekološkog potencijala tekućica primjenjuju se isti BEK, ali je prisutna značajna razlika u pristupu pri određivanju referentnih uvjeta, odnosno maksimalnog ekološkog potencijala, koji čine osnovu svakog biološkog sustava ocjene slatkih voda.

Prema točki 1.1.5. Priloga V. ODV-a na umjetna i znatno promijenjena vodna tijela primjenjuju se elementi za određivanje stanja onih prirodnih vodnih tijela koja su im najbližnja.

Prema članku 4. stavku 3. točki (a) ODV-a države članice mogu odrediti tijelo površinske vode kao umjetno ili znatno promijenjeno kada promjene hidromorfoloških značajki tog tijela potrebne za postizanje dobrog ekološkog stanja imaju značajne negativne posljedice na:

- širi okoliš,
- plovidbu, uključujući lučka postrojenja, ili rekreaciju,
- djelatnosti radi kojih se voda akumulira, kao što su opskrba pitkom vodom, energetika ili navodnjavanje,
- regulaciju voda, obranu od poplava, odvodnju i
- druge jednako važne održive ljudske razvojne aktivnosti.

## 1.1. Pregled odgovarajućih CIS (*Common Implementation Strategy*) vodiča za provedbu Okvirne direktive o vodama

U provedbi ODV-a države članice, Komisija, zemlje kandidatkinje i zemlje Europskoga gospodarskog prostora te dionici nailaze na brojne zajedničke poteškoće. Osim toga, mnogi su europski riječni slivovi međunarodni, prelaze upravne i državne granice pa su zajedničko razumijevanje i pristup ključni za uspješnu i djelotvornu provedbu ODV. Kako bi se na poteškoće odgovorilo koordiniranom suradnjom, države članice, Norveška i Europska komisija dogovorile su se oko Zajedničke provedbene strategije (engl. *Common Implementation Strategy*, CIS). Aktivnosti provedene od 2001. u okviru CIS-a bile su usmjerene na dosljednu i usklađenu provedbu ODV-a. Fokus je bio na metodološkim pitanjima povezanim sa zajedničkim razumijevanjem tehničkih i znanstvenih implikacija. U tom je kontekstu od 2001. organiziran niz radnih skupina i zajedničkih aktivnosti. Jedna od prvih radnih skupina uspostavljenih u okviru CIS-a bila je usmjerena na pitanja povezana s utvrđivanjem i određivanjem znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, uključujući definiranje dobrog ekološkog potencijala.

Dakle, ODV daje okvire za zaštitu i upravljanje vodama, a detaljnija pojašnjenja, metodologija prikupljanja, analize i formatiranja podataka definirani su kroz rad CIS stručnih skupina te u objavljenim vodičima. Do sada je objavljeno 37 CIS vodiča ([https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts\\_figures/guidance\\_docs\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm))

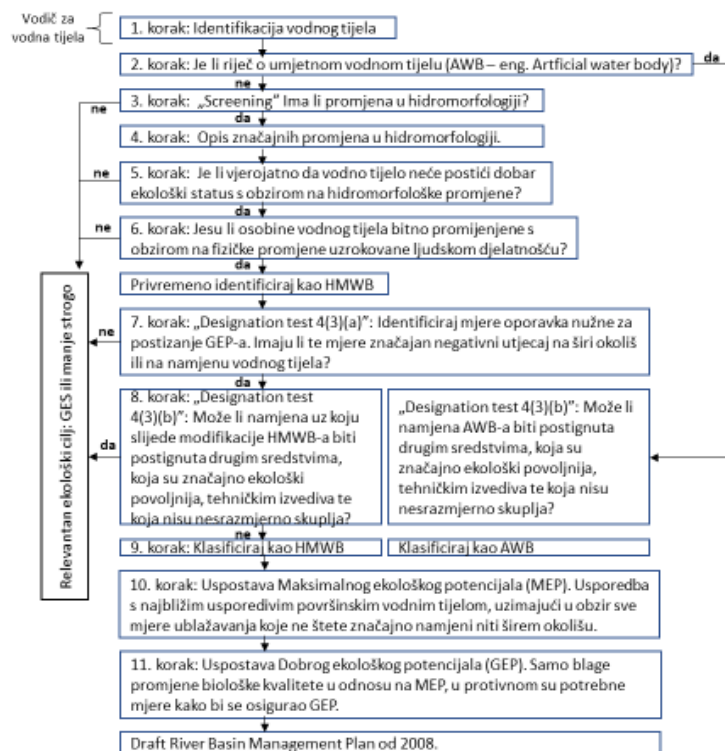
Principi CIS vodiča vezanih uz UVT i ZPVT od iznimne su važnosti za razumijevanje koncepta ekološkog potencijala. Radi se o idućim CIS vodičima:

- CIS vodič br. 4 - Identifikacija i određivanje znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela
- CIS vodič br. 13 - Sveobuhvatan pristup klasifikaciji ekološkog stanja i ekološkog potencijala
- CIS vodič br. 37 - Koraci za definiranje i procjenu ekološkog potencijala za poboljšanje usporedivosti znatno promijenjenih vodnih tijela

### CIS vodič br. 4

CIS vodič br. 4 za ZPVT definira kako opisati i klasificirati znatno promijenjene vodotokove, kao i definirati dobar ekološki potencijal na temelju bioloških elemenata (Slika 1.1.). Znatno promijenjenom vodnom tijelu po samoj je definiciji bitno promijenjen karakter kao rezultat fizičke promjene koja je posljedica održive ljudske aktivnosti. Zbog toga ne može dosegnuti dobro ekološko stanje te ga nije moguće obnoviti bez značajnih negativnih posljedica na upotrebu vodnog tijela ili širi okoliš.

U svrhu privremenog utvrđivanja znatno promijenjenih vodnih tijela, nepostizanje dobrog ekološkog stanja posljedica je fizičkih promjena hidromorfoloških značajki vodnog tijela. Ono ne smije biti posljedica drugih utjecaja, kao što su fizičko-kemijski utjecaji, osim ako su ti utjecaji izravno povezani s fizičkim promjenama. Promjena karaktera mora biti dovoljno opsežna da sprečava postizanje dobrog ekološkog stanja. Za to su potrebne metode procjene osjetljive na hidromorfološke promjene. Za otkrivanje tih promjena potrebna je procjena hidromorfološkom metodom, koja obuhvaća cijelu ljestvicu (Smjernice CIS-a br. 4, 6. korak) i pravilno razmatranje vremenske dimenzije procesa. Akumulacije nastale izgradnjom brana na rijeci, obično su jasni slučajevi vodnih tijela s bitno promijenjenim karakterom i u smislu morfologije i hidrologije, što dovodi čak i do promjene najbliže usporedive kategorije vode (vodna tijela koja se iz rijeke promijene u jezero). Takva su vodna tijela obično određena kao znatno promijenjena vodna tijela.



**Slika 1.1.** Shema koraka klasifikacije znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela.

Svaka ljudska razvojna aktivnost ne može se automatski upotrijebiti kao razlog za određivanje znatno promijenjenog vodnog tijela. Ljudske razvojne aktivnosti u kontekstu određivanja znatno promijenjenog vodnog tijela trebale bi biti važne i održive aktivnosti koje su još u tijeku, u skladu s člankom 4. stavkom 3. točkom (a) ODV. One stoga trebaju donositi znatne društvene koristi i omogućiti smanjenje negativnih utjecaja na okoliš. U slučajevima privremenih i kratkoročnih bitnih hidroloških promjena i promjena koje se lako mogu vratiti u prvobitno stanje, prirodu vodnog tijela ne treba smatrati bitno promijenjenom. Vodno tijelo stoga bi trebalo smatrati prirodnim, a okolišni cilj trebalo bi biti dobro stanje.

Na temelju CIS vodiča br. 4, dobar ekološki potencijal definira se temeljem referentnog pristupa. Referentni pristup podrazumijeva određivanje referentnih uvjeta za relevantne elemente kakvoće prema odgovarajućoj kategoriji i tipu prirodnog vodnog tijela. Prvo je potrebno uspostaviti najbolje moguće hidromorfološko stanje, tj. uspostaviti onakve hidromorfološke uvjete koji bi postojali u slučaju da su provedene sve mjere ublažavanja u cilju postizanja ekološkog kontinuuma. Navedene mjere ne smiju imati negativan utjecaj na namjenu vodnog tijela ili na širi okoliš. Također, mjere moraju osigurati najbolju aproksimaciju ekološkog kontinuuma, posebno s obzirom na migraciju faune i odgovarajuća mrjestilišta, adekvatnu kvalitetu i kvantitetu staništa koja osiguravaju funkcioniranje ekosustava i longitudinalnu i lateralnu povezanost vodnih tijela. U skladu s takvim hidromorfološkim uvjetima se potom uspostavljaju fizikalno-kemijski i biološki elementi kakvoće na temelju pokazatelja usporedivog prirodnog vodnog tijela.

Maksimalni ekološki potencijal za znatno promijenjena vodna tijela odnosi se na vrijednosti BEK-ova čije se ostvarenje očekuje nakon provedbe svih mjera ublažavanja koje su relevantne za određene hidromorfološke promjene, te su ekološki djelotvorne u fizičkom kontekstu vodnog tijela i nemaju značajne negativne posljedice na upotrebu ili širi okoliš. Dobar ekološki potencijal definira se kao manja promjena u odnosu na biološke vrijednosti maksimalnog ekološkog potencijala.

Potreba da se svakih šest godina preispita određivanje znatno promijenjenih vodnih tijela i određivanje dobrog ekološkog potencijala za određena vodna tijela navedena je u ODV-u te u smjernicama CIS vodiča br. 4. Utvrđivanje i određivanje znatno promijenjenih vodnih tijela nije „jednokratno” postupak i ODV predviđa fleksibilnost u smislu prilagodbe određivanja kako bi se u obzir uzele okolišne, socijalne i gospodarske promjene do kojih dolazi s vremenom. Znatno promijenjeno vodno tijelo i dobar ekološki potencijal mogu se promijeniti i zato njihov okolišni cilj treba prilagoditi novim spoznajama i rezultatima mjera primijenjenih tijekom ciklusa planiranja.

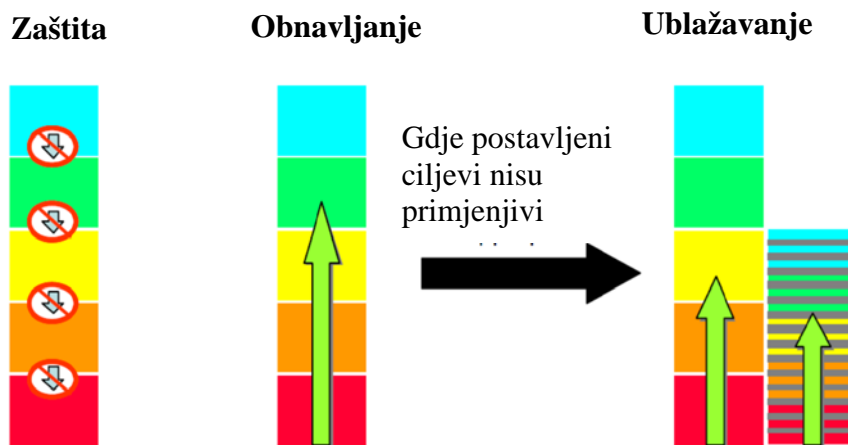
Na radionica o hidromorfologiji 2005. godine dogovoren je Praški ili pristup mjerama ublažavanja kao ispravna metoda za definiranje DEP-a. Praški pristup ili pristup mjerama ublažavanja bazira definiciju DEP-a na određivanju mjera ublažavanja (Slika 1.2.). Počevši od svih mjera koje nemaju značajan štetan utjecaj na namjenu vode (što se odnosi na MEP), isključene su one mjere kojima bi se ostvarilo tek blago poboljšanje. DEP je stoga definiran kroz biološke vrijednosti, očekivanih da će se postići prilikom provedbe preostalih mogućih mjera ublažavanja. Glavna razlika u odnosu na pristup baziran na usporedbi s referentnim, opisan u CIS vodiču br. 4, je što DEP proizlazi iz mjera ublažavanja za MEP, a ne iz bioloških elemenata kakvoće pri MEP-u. Obje metode definiraju vrijednosti bioloških elemenata kakvoće za DEP (Halleraker i sur., 2016).

### CIS vodič br. 13

Vodič br. 13 daje opće smjernice u procjeni ekološkog stanja i potencijala koja vodi sveobuhvatnoj ekološkoj klasifikaciji vodnih tijela prema ODV-u. U ovom vodiču nalaze se i smjernice o tumačenju izraza „manje promjene” s obzirom na uvjete (specifične za određeni tip) utvrđene za BEK makrozoobentos, u dobrom stanju:

- dopuštene su samo manje promjene u sastavu i bogatstvu,
- dopuštene su samo manje promjene u omjeru taksonomskih elemenata osjetljivih i neosjetljivih na poremećaje i
- dopušteni su samo manji znakovi promjene u pogledu stupnja raznolikosti.

Kad je riječ o „manjim promjenama”, znatno promijenjena vodna tijela trebala bi slijediti ista načela kao i prirodna vodna tijela, pri čemu je funkcioniranje ekosustava preduvjet da bi vodno tijelo imalo dobar ekološki potencijal. „Manja promjena” ne može biti ista kao i privremeni ili potpuni izostanak ili velika promjena BEK-ova relevantnih za najbliže usporedivu kategoriju ili tip vode. „Manje promjene” bioloških elemenata kakvoće moraju pratiti odgovarajući uvjeti u popratnim elementima kakvoće (npr. protok, staništa, kontinuitet). Kad je riječ o ekološkom kontinuumu, „manja promjena” znači da bi trebalo osigurati stanje slično stanju najbližeg ekološkog kontinuuma.



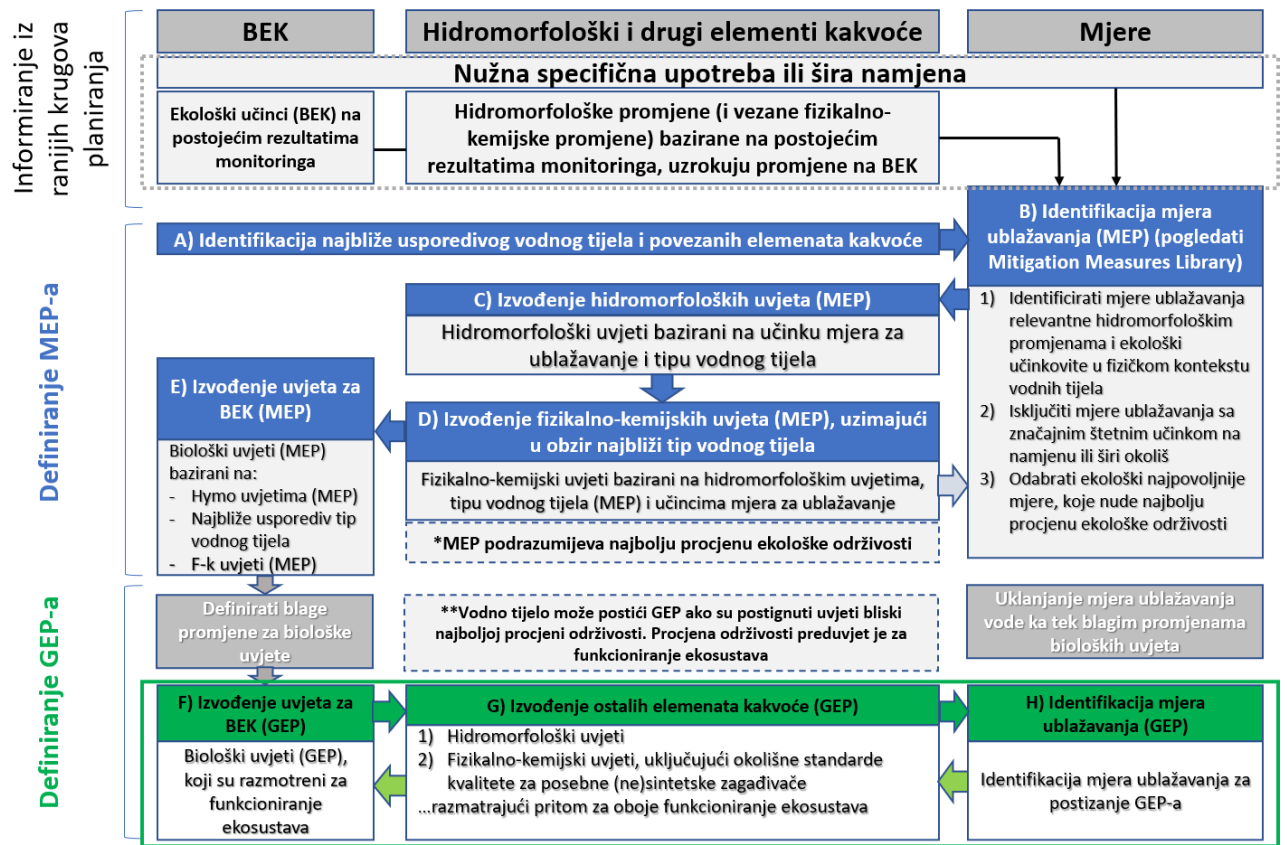
**Slika 1.2.** Mjere ublažavanja i dobar ekološki potencijal.

### CIS vodič br. 37

Definiranje ekološkog potencijala izazovna je i složena tema u provedbi ODV te na razini EU ne postoji jedinstvena klasifikacija i način određivanja ekološkog potencijala. Svrha najnovijih smjernica je dati korake za definiranje i procjenu ekološkog potencijala za poboljšanje usporedivosti ZPVT/UVT. Predlaže se praktični okvir za definiranje DEP-a, uz pregled novosti

i poboljšanja dva pristupa koja se koriste. „Referentni pristup CIS-a” i „pristup s mjerama ublažavanja” (tzv. „praška metoda”) relevantne su opcije za definiranje ekološkog potencijala (Kampa i Kranz, 2005) jer se u oba slučaja dobar ekološki potencijal utvrđuje usporedbom s ekološkom ciljevima i funkcijama. U pristupu s mjerama ublažavanja dobar ekološki potencijal izvodi se iz mjera ublažavanja, a u referentnom pristupu iz vrijednosti BEK-ova pri maksimalnom ekološkom potencijalu.

Dan je pregled niza koraka koje je potrebno slijediti pri definiranju DEP-a (Slika 1.3.). Naglašava se važnost korelacije između hidromorfologije i bioloških elemenata kakvoće te potreba relevantnog monitoringa. U cilju usporedivosti predlaže se razvoj nacionalnih, regionalnih ili metoda specifičnih za sliv, ali pri primjeni se treba voditi računa o specifičnim uvjetima pojedinog vodnog tijela/odsječka. Raspravljeno je o mjerama ublažavanja i/ili njihovim kombinacijama koje treba razmatrati pri definiciji MEP-a i DEP-a. Ističe se da mjere ublažavanja ne smiju narušiti primarnu uporabu vodnog tijela, ali treba težiti postizanju najboljeg mogućeg ekološkog poboljšanja i približnog ekološkog kontinuuma. Upravo je ekološki kontiuum ključan aspekt ekološkog potencijala, a obuhvaća protok energije, tvari i organizama unutar vodnog ekosustava. Postizanje ekološkog kontinuuma osigurava da tip-specifične vrste imaju odgovarajuće uvjete za svoje životne cikluse te sukladno održivost njihovih populacija. Mjere ublažavanja stoga trebaju težiti poboljšanju hidromorfoloških uvjeta koji osiguravaju migraciju biote, te kvalitetu, kvantitetu i raspon staništa koji su narušeni fizičkim modifikacijama. Uz životne zajednice, ODV naglašava i transport sedimenta, te se i ova komponenta treba uzeti u obzir pri razmatranju mjera ublažavanja. „Najbolja aproksimacija“ ekološkog kontinuuma (što odgovara MEP-u) se tumači kao najbliže moguće stanje ekološko kontinuumu u vodnom tijelu koje je u prirodnom stanju, a DEP odgovara stanju koje je blizu najboljoj aproksimaciji ekološkog kontinuuma. Iznimno vrijedan dio ovog CIS vodiča je popis mjera ublažavanja na EU razini (engl. *European mitigation measures library*). Popis je nastao iz primjera dobre prakse te povezuje pokretače, opterećenja i ekološke učinke. Dane su smjernice za osiguravanje usporedivosti nacionalnih klasifikacijskih sustava, što će biti obuhvaćeno procesom interkomparacije (Halleraker i sur. 2016.).



**Slika 1.3.** Ključni koraci u definiranju maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) idobrog ekološkog potencijala (DEP) koji pokazuju usporedivost dva pristupa.

U ovom Vodiču uzimaju se u obzir iskustva država članica u definiranju dobrog ekološkog potencijala tijekom prvog i drugog ciklusa planiranja upravljanja riječnim slivovima. Dobar ekološki potencijal povremeno bi trebalo ponovno provjeriti, s obzirom na mogućnost proširenja znanja i stručnosti te radi eventualnih promjena gospodarskih aspekata.

Nastavno na CIS vodič br. 37, tijekom 2020. Radna skupina ECOSTAT od zemalja članica zahtijeva da ispune upitnike uključujući i opise metoda koje pojedine zemlje članice koriste prilikom određivanja MEP-a i GEP-a. Svrha navedenog postupka bila je opis i usporedba nacionalnih metoda za utvrđivanje MEP-a i GEP-a na temelju zahtjeva iz ODV. U slijedećem koraku procijeniti će se usporedivost pristupa država članica. To će omogućiti utvrđivanje dobre prakse, potporu dobroj provedbi zahtjeva iz ODV u pogledu dobrog ekološkog potencijala, ispitivanje usporedivih pristupa i utvrđivanje razlika u tumačenju/provedbi koje onemogućuju usporedivost (npr. različita tumačenja „stanja najbližeg ekološkom kontinuumu” ili različita tumačenja potrebnih minimalnih zahtjeva).



## Literatura:

Halleraker, J. H., van de Bund, W., Bussetini, M., Gosling, R., Döbbelt-Grüne, S., Hensman, J., Kling, J., Koller-Kleimer, V., Pollard, P. (2016) Working Group ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies - Part 1: Impacted by water storage; EUR 28413; doi:10.2760/649695

[https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts\\_figures/guidance\\_docs\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm)

Kampa, E., Kranz, N. (2005) Workshop “WFD & Hydromorphology” (Radionica „Okvirna direktiva o vodama i hidromorfologija”), 17. – 19. listopada 2005., Prag. Sažeto izvješće CIS-a.

Okvirna direktiva o vodama: Direktiva 2000/60/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda (SL L 327, 22.12.2000.)

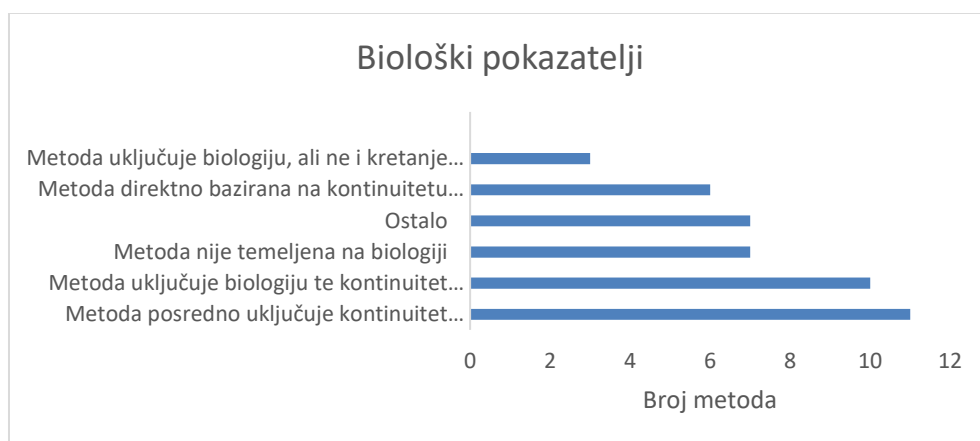
WFD CIS Guidance Document No 3 (2005) Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

WFD CIS Guidance Document No 4 (2003) Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

WFD CIS Guidance Document No 37 (2019) Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies.

## 1.2. Pregled tipova, sustava tipizacije te nacionalnih metoda bioloških elemenata kakvoće i relevantnih pokazatelja/indeksa za ocjenu ekološkog potencijala tekućica i stajaćica (ribe), koje se koriste u zemljama članicama Europske unije

Trenutno na području EU ne postoji jedinstvena metodologija monitoringa znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela (Slika 1.4.). Također, ne postoji jedinstvena klasifikacija ili način određivanja MEP i GEP (Halleraker i sur., 2016). Standardiziran i jedinstven pristup, po pitanju tipizacije i određivanja ekološkog potencijala između država članica nije očekivan, niti moguć. Međutim, nastoje se upotrebljavati zajedničke metode prilikom evaluacije vodnog tijela, klasificiranja ekološkog potencijala te definiranja važnih pojmova kao što je maksimalni ekološki potencijal (MEP). Uz presjek malobrojnih mogućih zajedničkih metoda za analizu između država članica, u svakom slučaju je poželjna transparentnost i iskustvo država članica koje su donijele sustav tipizacije, nacionalnih metoda bioloških elemenata kakvoće i relevantnih pokazatelja/indeksa za ocjenu ekološkog potencijala i tekućica i stajaćica.



**Slika 1.4.** Pregled metoda procjene ekološkog potencijala država članica.

Generalno, temeljem trenutno dostupnih podataka, prilikom ocjene ekološkog potencijala države članice primjenjuju dva pristupa.

Prvi pristup podrazumijeva da se znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima pridruže najbliži prirodni tipovi voda. Kada se načini navedena poveznica, pristupa se izradi sustava ocjene ekološkog potencijala koji ima smanjene okolišne zahtjeve u odnosu na ocjenu ekološkog stanja. Navedeni princip primjenjuje se primjerice u Njemačkoj (Cron i sur., 2018), gdje je 77% vodnih tijela u kategoriji ZPVT i UVT koja imaju direktnu poveznicu s prirodnim tipovima rijeka (Tablica 1.1.). Manje od 1% navedenih vodnih tijela zadovoljava uvjete dobrog ekološkog potencijala.

**Tablica 1.1.** Postotni udio znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela na federalnim plovnim putevima i pridruženi prirodni tipovi rijeka u Njemačkoj.

Oznaka tipa	Opis tipa	Udio u državnim vodnim tijelima (%)
0	Vrlo velike rijeke pretežito šljunkovitog supstrata	43.2
9.2	Velike gorske rijeke	12.9
20	Vrlo velike rijeke pretežito pjeskovitog supstrata	11.5
15	Srednje velike nizinske rijeke supstrata baziranog na pijesku ili ilovači	11.1
22.2	Velike močvarne rijeke	7.5
17	Nizinske rijeke pretežito šljunkovitog supstrata	3.2
22.1	Močvarne rijeke	2.5
15_G	Velike nizinske rijeke supstrata baziranog na pijesku ili ilovači	2.1
21	Tekućice jezerskog ispusta	1.3
12	Organski bogate tekućice	0.3
22.3	Vrlo velike močvarne rijeke	0.7
23	Riječni rukavci i brakična voda pritoka Baltičkog mora	0.4

Neke od metoda procjene ekološkog potencijala država članica razmatraju i biološki aspekt, tj. analiziraju odnos hidromorfoloških promjena i elemente kakvoće staništa – tipski specifične biološke elemente. Većina metoda (56%) uključuje biologiju, posredno ili neposredno. S obzirom na učestalo namjensko pregrađivanje znatno promijenjenih vodnih tijela, pouzdani biološki element koji na to ukazuje jesu ribe, čije su migracije i kretanja prekinuti. Shodno tome, značajan će udio korištenih bioloških metoda država članica biti baziran na monitoringu riba (Slika 1.4.) (Kampa i Bussetini, 2018).

Primjer države koja biološke metode procjenjivanja stanja i potencijala bazira na populacijama riba je Švedska, gdje se ekološko stanje vodnog tijela bazira na EQC indeksu (engl. *Environmental Quality Criteria*). Indeks predstavlja srednju vrijednost kategorijskih vrijednosti sljedećih varijabli populacije riba: broj vrsta, biomasa, broj jedinki, udio salmonidnih vrsta te udio reproduktivno sposobnih salmonidnih vrsta. Salmonidne vrste od posebnog su indikatorskog značaja s obzirom na to da su anadromne, tj. veći dio života provode u slanoj vodi te migriraju u slatke vode kako bi se mrijestile. Upravo se u slučaju učestalo pregrađenih znatno promijenjenih vodnih tijela ta nužna migracija onesposobljava stoga se poboljšanje ekološkog potencijala nastoji postići povratkom/povećanjem broja salmonidnih vrsta (Beier, 2002).

U Sloveniji je 2015. objavljen elaborat kojem je bio osnovni cilj povezivanje ZPVT i UVT s prirodnih tipovima voda (Urbanič i sur., 2015). Tako je primjerice uz tekućice vezano 11 tipova ZPVT i UVT, s time da 7 vodnih tijela otpada na akumulacije čije je vrijeme zadržavanja vode kraće od 1 dana te su svrstane u kategoriju rijeke. Navedeni elaborat bio je podloga za izradu sustava ocjene ekološkog potencijala, koji za sada još uvijek nije završen.

Drugi pristup temelji se na pristupu primjene mjera ublažavanja. Navedeni pristup primjenjuje su u Ujedinjenom Kraljevstvu. U prvom ciklusu upravljanja riječnim slivovima, klasifikacija UVT i ZPVT bazirala se na dvije kategorije: vodna tijela koja su ispunila cilj dobrog ekološkog potencijala i ona koja nisu ispunila taj cilj (UKTAG Guidance, 2008). Klasifikacija ekološkog potencijala temelji se na procjeni jesu li poduzete sve propisane mjere za ublažavanje znatno

promijenjenih ili umjetnih vodnih tijela. Prema metodologiji, vodno tijelo ima dobar ekološki potencijal ako su poduzete sve propisane mjere ublažavanja za utvrđene utjecaja, osim onih koje nisu izvedive s obzirom na karakteristike vodnog tijela te onih mjera koje imaju značajan štetni utjecaj na namjenu ili na širi okoliš. U slučajevima gdje nisu poduzete sve propisane mjere, određeno je da vodno tijelo ne zadovoljava dobar ekološki potencijal.

U Ujedinjenom Kraljevstvu razvijena je i metodologija za klasifikaciju ekološkog potencijala plovnih kanala (SNIFFER, 2012). Kanali su podijeljeni u kategorije prema širini korita i opterećenosti prometom, uz popis iznimaka koje ne ulaze u tu klasifikaciju. Hidromorfološki monitoring se prvenstveno oslanja na lateralnu povezanost korita i riparijske zone, budući da se u ODV-u naglašava važnost ekološkog kontinuuma. Elementi koji se ocjenjuju su: struktura lijeve i desne obale (utvrđena ili meka, postojanje drvenaste vegetacije), sidrišta, dubina kanala (prolazak brodova ne smije narušavati dno korita) i postojanje sidrišta izvan kanala. Ocjene imaju različitu težinu za različite kategorije kanala, a hidromorfološki ekološki potencijal (MEP, GEP ili <GEP) se određuje prema zbroju ocjena za svaki element. Konačna ocjena ekološkog potencijala se određuje prema najnižoj vrijednosti bioloških, fizikalno-kemijskih i hidromorfoloških elemenata (za biološku i fizičko-kemijsku grupu postoji više elemenata, a za hidromorfologiju postoji jedinstvena ocjena).

U Austriji se riblji fond koristi za definiranje ekološkog potencijala (Eberstaller i sur., 2009). Osnovni cilj je samoodrživa zajednica riba s dovoljno biomase koja je bliska zajednicama tipičnima za najbliže usporedivo vodno tijelo. Da bi se ostvario maksimalan, odnosno dobar ekološki potencijal valja poduzeti sljedeće sukcesivne korake:

- Utvrđivanje tehnički izvedivih mjera za odgovarajuće vodno tijelo koje nemaju značajne štetne učinke na namjenu.
- Biološki učinci određenih mjera. Procjena stanišnih uvjeta i poboljšanja za ciljane populacije riba (definiranje maksimalnog ekološkog potencijala).
- Određivanje dozvoljenih odstupanja od uvjeta maksimalnog potencijala (definiranje dobrog ekološkog potencijala).
- Odabir mjera.

#### Literatura:

Beier, U. (2002) Heavily Modified Waters in Europe - Case Study on the River Dalälven - Release of reared salmonid fish as a secondary effect of hydropower. doi: 10.13140/RG.2.1.1510.0640.

Cron, N., Quick, I., Zumbroich, T. (2018) Assessing and predicting the hydromorphological and ecological quality of federal waterways in Germany: development of a methodological framework. *Hydrobiologia* 814: 75–87. doi: 10.1007/s10750-015-2484-x

Eberstaller, J., Köck, J., Haunschmid, R., Jagsch, A., Ratschan, C., Zauner, G. (2009) Leitfaden zur Bewertung erheblich veränderter Gewässer – Biologische Definition des guten

ökologischen Potentials. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Kampa, E., Bussettini, M. (2018) River Hydromorphological Assessment and Monitoring Methodologies – FINAL REPORT. Part 1 – Summary of European country questionnaires.

SNIFFER (Scotland & Northern Ireland Forum for Environmental Research) (2012) A system for classifying the ecological potential of UK and Irish canals.

UKTAG Guidance, 200. Guidance on the Classification of Ecological Potential for Heavily Modified Water Bodies and Artificial Water Bodies.

Urbanič G. i sur. (2015) Tipologija umetnih in mocno preoblikovanih vodnih teles, ki so določena s Pravilnikom o vodnih telesih površinskih voda (Ur. l. RS 63/05, 26/06, 32/11). Inštitut za vode Republike Slovenije.

### **1.3. Pregled fizičkih promjena koje su uvjetovale proglašavanje vodnih tijela značajno promijenjenim u zemljama članicama Europske unije**

Popis ljudskih razvojnih djelatnosti baziranih na iskorištavanju vode, vezanih uz pojavu znatno promijenjenih vodnih tijela, dostupan je u Članku 4(3)(a) Okvirne direktive o vodama. Međutim, svaka upotreba vode korisna po društvo može dovesti do znatno promijenjenih vodnih tijela ukoliko stvara trajne fizičke promjene, značajne izmjene karaktera vodnog tijela te utjecaj na ekologiju, koji sprječava postizanje dobrog ekološkog stanja (CIS vodič br. 37.). Nekoliko drugih ljudskih razvojnih aktivnosti povezanih s određivanjem znatno promijenjenih vodnih tijela nije tako jasno utvrđeno ili izričito navedeno u članku 4. stavku 3. Na primjer, nije bilo jasno odnosi li se poljoprivreda na odvodnju ili druge aktivnosti. Osim toga, u prvom ciklusu planova upravljanja riječnim slivovima nije bilo obvezno podrobno izvješćivanje u sustavu WISE o specifičnim ljudskim aktivnostima (upotrebama vode) i fizičkim promjenama povezanim s određivanjem svakog znatno promijenjenog vodnog tijela.

Također, istaknuto je da se, u smislu znatno promijenjenih vodnih tijela u okviru ODV-a, pojam „fizičkog“ odnosi na oblik vodnog tijela, definiran morfologijom (npr. riječno korito, kontinuitet, hidrologija, tj. količina vode u riječnom/jezerskom vodnom tijelu) ili režim plime (tj. utjecaj valova na obalne/prijelazne tipove vodnih tijela). Kako je navedeno u CIS vodiču br. 4, za privremenu identifikaciju znatno promijenjenih vodnih tijela, onemogućeno postizanje dobrog ekološkog stanja proizlazi iz fizičkih modifikacija hidromorfoloških svojstava vodnog tijela (CIS vodič br. 37.).

Treba napomenuti da se svaka ljudska razvojna djelatnost ne mora automatski smatrati razlogom za znatno promijenjena vodna tijela. Ljudska razvojna djelatnost u kontekstu znatno promijenjenih vodnih tijela treba biti važna te potaknuta da se održivo nastavlja prema Članku 4(3)(a), s obzirom na to da nudi značajne pogodnosti po društvo i uključuje odredbe za minimizaciju štetnosti na širi okoliš. Ključne pogodnosti vezane uz glavne ljudske razvojne djelatnosti (iskorištavanje vode) i šireg okoliša u kontekstu znatnih izmjena vodnih tijela navedene su u izvješću Kampa i sur. (2018)

Ustanovljeno je da se mnoga vodna tijela, koja su s obzirom na upotrebu postala znatno promijenjena, nisu pokazala održivima s obzirom na trenutna načela održivosti. U tim slučajevima (te pretpostavljajući da je upotreba idalje na snazi kao i modificiranost), održivost treba protumačena prema primjenjivim načelima, dostupnom znanju te društvenoj koristi, koji su redom utvrđeni u vremenu kada je fizička promjena uslijed upotrebe započeta. Za svaku fizičku promjenu, koja je nastupila nakon 2003., te sve buduće nove promjene, održivost upotrebe treba biti tumačeno kao što je opisano u CIS vodiču br. 36 na izuzeću u okviru Članka 4(7) (odjeljak 3.3) ODV-a.

Slijedi pregled fizičkih promjena vezanih uz održive razvojne ljudske djelatnosti, koje čine vodna tijela znatno promijenjenima, prema Članku 4(3)(a) Okvirne direktive o vodama te analizama hidromorfologije posljednjih godina:

- Plovidba kao važna ljudska djelatnost predstavlja prije svega transport putnika i raznih dobara. Fizičke promjene vezane uz transport uključuju ljudske konstrukcije kao što je infrastruktura luka i pristaništa za plovila. Fizičke promjene također su i dredžanje, iskopavanje dna te ograđivanje vodnih tijela u komercijalne, rekreacijske ili vojno-navigacijske svrhe.
- Akumuliranje vode potrebno je u razne svrhe: za opskrbu vodom (industrija, voda za piće), obrana od poplava, hidroelektrane te navodnjavanje. Također zadržavanje vode može poslužiti u akvakulturi, rekreaciji, transportu itd. Navedene djelatnosti doprinose fizičkim promjenama vodnih tijela kao što je izgradnja velika struktura, primjerice rezervoari i uz njih vezane brane. Takve strukture i djelatnosti mogu doprinijeti privremenom ili trajnom gubitku vode pojedinih pritoka.
- Obrana od poplava odnosi se na sve strukture izgrađene s ciljem prevencije ili smanjenja štetnih utjecaja poplava, uključujući moguće promjene vegetacije ili sedimenta. Poplave su definirane kao „povremeno prekrivanje kopna vodom, koja tamo uobičajeno nije prisutna“. To uključuje vodu iz rijeka, planinskih bujica, povremenih mediteranskih vodotokova te onu morsku vodu iz obalnih područja, ali može isključiti vodu kanalizacijskih sustava. Obrana od poplava uključuje hidromorfološke pritiske proizašle iz obrambene namjene. To može značiti zaštitu urbanih, poljoprivrednih i drugih važnih infrastrukturnih područja kroz kanaliziranje, izravnavanje tlocrta rijeke, obale te korita. Kako je spomenuto ranije u tekstu, nije svaka aktivnost obrane od poplava automatski doprinijela znatno promijenjena vodna tijela. Dokazano je da je djelatnost zaštite od poplava održiva te da njeni korisni ciljevi ne mogu biti postignuti drugim sredstvima, koji su ekološki značajno povoljniji.
- Isušivanje tla uglavnom podrazumijeva uklanjanje suvišne vode iz tla do nižih razina podzemnih voda. Fizičke promjene ove namjene uglavnom uključuju ljudske konstrukcije ili modifikacije (kanaliziranje, poravnavanje, korištenje odvodnih kanala) vodnih tijela u vidu poboljšanja određenog dijela tla s određenom namjenom kao što je poljoprivreda, šumarstvo, urbanizacija ili turizam.
- Fizičke promjene vezane uz regulaciju vode, prema Članku 4(3)(a) ODV-a, odnose se na sve promjene prouzročene navedenim ljudskim djelatnostima, tj. transportom, obranom od poplava, akumuliranjem vode te isušivanjem tla.

U članku 4. stavku 3. točki (a) ODV upućuje se i na druge jednako važne održive ljudske razvojne aktivnosti koje mogu uključivati bilo koju drugu upotrebu vode/održivu ljudsku razvojnu aktivnost koja dovodi do trajne fizičke promjene, bitne promjene karaktera te ima

utjecaj na ekologiju koji sprečava postizanje dobrog ekološkog stanja. Primjeri upotreba/aktivnosti koje se mogu uzeti u obzir kao „druge jednako važne održive ljudske razvojne aktivnosti” uključuju urbanizaciju, komercijalni ribolov, posebnu industriju, rudarenje ili infrastrukturu kao što su autoceste i željeznice.

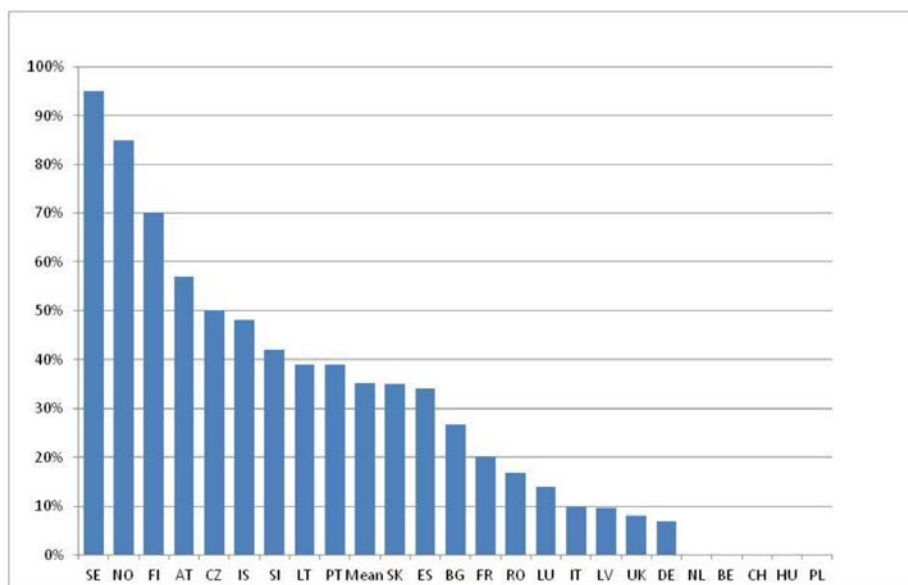
S obzirom na učestalost i utjecaj fizičkih promjena, ljudska djelatnost zadržavanja vode, u čijem je okviru i hidroenergija, s naročitom je pozornosti proučena u zemljama članicama Europske unije. Zadržavanje vode, kako je i navedeno prethodno u tekstu, uglavnom se ostvaruje izgradnjom velikih struktura ili brana okomito postavljenih u odnosu na smjer strujanja vodotoka. Te velike strukture, svojim blokiranjem protoka i zadržavanjem vode, mogu dovesti do promjene tipa vodnog tijela iz riječnog u veliku akumulaciju.

Najočitija posljedica postavljenih brana je prekinuti kontinuitet vodotoka. To se održava na brojne prirodne elemente vodotoka. Jedan od njih je dinamika sedimenta, koja je promijenjena na način da njihov prijenos može biti u potpunosti sprječen, naročito onog krupnijeg. Slab ili nikakav prijenos sedimenta unutar vodotoka dovodi do promjene u sastavu supstrata i morfološkim procesima nizvodno od brana. Vodeni organizmi, ponajviše migratorne vrste, su također pod utjecajem brana jer njihovo kretanje biva sprječeno i uzvodno i nizvodno od postavljenih brana. Štoviše, prilikom smanjenja brzine toka, ujezereni dijelovi vodotoka vode prekinutoj morfodinamici (npr. promijenjeni uvjeti supstrata uslijed nakupljanja sitnijeg sedimenta, umjetno stabilna riječna obala i smanjeni procesi bočnih erozija). Određene radnje hidroelektrana također mogu voditi naglim promjenama toka i oscilacijama razine vode (uključujući *hydropeaking*) nizvodno od ispusta turbine u rijeku. Iznad svega, ovaj način upravljanja može prouzročiti umjetno ekstremne razlike u razini akumulacije. Posljedice su često smanjenje kvalitete i obujma staništa obalne vode i zone u jezeru (CIS Vodič br. 37).

Nadalje, naročito akumulacije, s kompletno promijenjenim hidromorfološkim karakteristikama od riječnog do jezerskog ekosustava, često dovode do promjene u općim fizikalno-kemijskim uvjetima nizvodno, npr. u temperaturi i zasićenosti kisikom. Premda to nisu hidromorfološke promjene, oni opisuju sekundarne učinke hidromorfoloških promjena i važnost s obzirom na ekološki učinak zadržavanja vode.

Na razini Europe, površina svih akumulacija zajedno iznosi više od 100 000 km<sup>2</sup>, od čega polovica otpada na Rusiju. Turska također ima velik broj rezervoara. U državama koje usvajaju načela ODV-a, najveći broj rezervoara ima Španjolska (~1200), UK (~570) i Italija (~570). Ostale države s velikim brojem akumulacija su Francuska (~550), Norveška (~364), Njemačka (~300) i Švedska (~190). Na Slici 1.5. prikazano je u kojem postotku su u pojedinim zemljama članicama hidroelektrane i brane zaslužne za stvaranje znatno promijenjenih vodnih tijela.





**Slika.1.5.** Udio znatno promijenjenih vodnih tijela prouzročenih hidroelektranama u odnosu na ukupnu prisutnost znatno promijenjenih vodnih tijela po svakoj zemlji članici.

Najčešća upotreba za određivanje znatno promijenjenih umjetnih tijela u drugom ciklusu planova upravljanja riječnim slivovima bila je hidroenergija (približno 5800 vodnih tijela), nakon čega slijede obrana od poplava (približno 4500 vodnih tijela), odvodnja u poljoprivredne svrhe (približno 3500), gradska/druga upotreba (upotreba koja nije opskrba pitkom vodom; približno 2200), opskrba pitkom vodom (približno 1500) i navodnjavanje u poljoprivredne svrhe (približno 1400). Velik broj vodnih tijela određen je kao znatno promijenjen zbog nepoznatih aktivnosti (1400 vodnih tijela) ili drugih aktivnosti (1100; tj. aktivnosti koje ne odgovaraju nijednoj kategoriji upotrebe vode iz izvješćivanja u sustavu WISE).

Treba napomenuti da niz različitih ljudskih aktivnosti (višestruke upotrebe) može ovisiti o istoj fizičkoj promjeni (npr. brana koja na kombinirani način služi za proizvodnju energije, obranu od poplava i navodnjavanje). Zbog toga su mnoga vodna tijela u EU-u određena kao znatno promijenjena zbog više ljudskih aktivnosti. U odjeljku 5.4.4. ovog dokumenta navodi se više informacija o vezama među različitim vrstama fizičkih promjena, različitim ljudskim aktivnostima i relevantnim mjerama ublažavanja.

#### Literatura:

Kampa, E., Rouillard, J., van de Bund, W, Brooke, J. (2018) Workshop on Significant adverse effects on use or the wider environment from measures – Summary report, 23-24 April 2018, Brussels.

WFD CIS Guidance Document No 36 (2017) Exemptions to the Environmental Objectives according to Article 4(7)

WFD CIS Guidance Document No 37 (2019) Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies.

#### **1.4. Pregled Izvješća o zajedničkom razumijevanju u korištenju mjera ublažavanja za postizanje dobrog ekološkog potencijala za znatno promijenjena vodna tijela (*WG ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies, Part 1: impacted by water storage*)**

Ovo poglavlje bazira se na izvješću radne skupine za ekološko stanje (ECOSTAT) iz 2016. godine (Halleraker i sur., 2016).

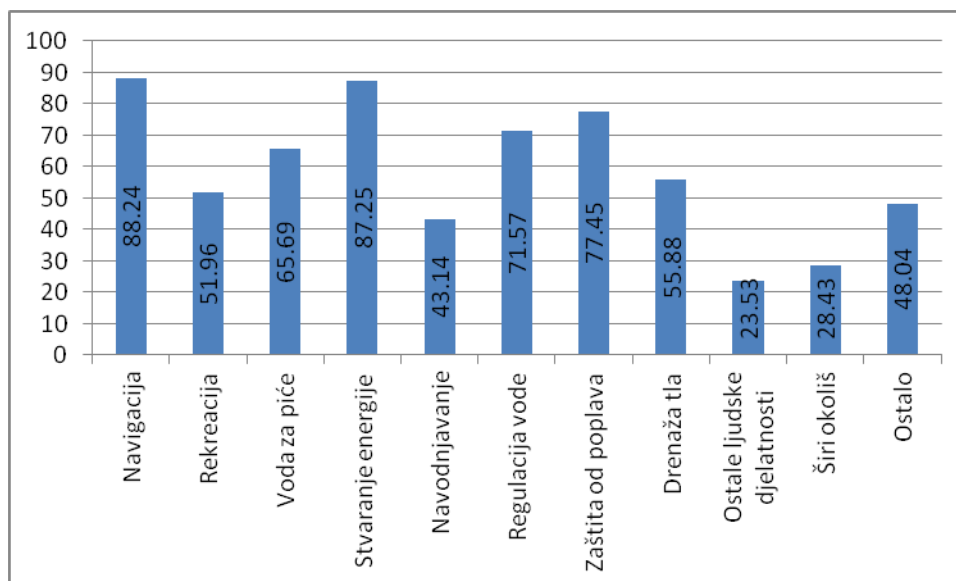
Hidromorfološke promjene radi akumuliranja vode su među najrasprostranjenijim pritiscima na vodena tijela u Europi. Najčešće namjene vodnih tijela za akumuliranje vode su plovidba, opskrba pitkom vodom, energetske potrebe (hidroelektrane), rekreacija te regulacija i zaštita od poplava. Zbog važnosti korištenja vode koja se skladišti, mnoga pogođena vodna tijela proglašena su jako izmijenjenim. Akumuliranje vode temelji se na velikim strukturama za zatvaranje vode u svrhu opskrbe vodom, hidroelektrana, navodnjavanja i rekreacije. Velike strukture poglavito čine pregrade ili brane ugrađene na neodređeno dulje vrijeme. Kako se voda zadržava unutar brana kroz dulji vremenski period, brojne rijeke mijenjaju kategoriju i prelaze u jezerske bazene. Najočitija promjena riječnih ekosustava uslijed izgradnje brana je smanjen ili prekinut kontinuitet rijeke. Također, dinamika i prijenos prirodnog sedimenta, naročito onog krupnijeg, je promijenjena ili spriječena. Kretanja vodenih organizama, posebice migratornih vrsta, mogu biti spriječena i uzvodno i nizvodno. Štoviše, smanjenjem brzine protoka, u ujezerenim bazenima rijeka dolazi do obustave dinamike morfologije kroz nakupljanje jednoličnog sitnog sedimenta, umjetno stabilnih riječnih obala te smanjenih procesa bočne erozije obale (Halleraker i sur., 2016).

Promijenjen režim toka u bazenima uglavnom znači umjetno stvorene ekstremno niske tokove. Takav smanjeni tok bit će nedovoljan za poticaj i održavanje migracija riba. Posebne aktivnosti hidroelektrana također vode ka naglim promjenama toka i fluktuacijama razine vode (uključujući *hydropeaking*), nizvodno od ispusta turbine u rijeku. Povrh svega, ovakva aktivnost može uzrokovati umjetne ekstremno velike promjene u razini vode bazena što učestalo smanjuje kvalitetu i zonu plitike vode te obalnih staništa. S druge strane, pogotovo bazeni, s u potpunosti promijenjenim hidromorfološkim obilježjima od riječnih do jezerskih, često nizvodno uzrokuju promjenu općih fizikalno-kemijskih elemenata, npr. temperature ili zasićenosti kisikom. Ovakve promjene nisu hidromorfološke, ali opisuju sekundarne učinke potaknute hidromorfološkim zahvatima te su od ekološke važnosti (Halleraker i sur., 2016).

Dobar ekološki potencijal (DEP) označava status postignut kada su sve izvedive mjere maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) ostvarene. Mjere za ublažavanje su izvedive kada se mogu tehnički i financijski provesti. DEP predstavlja ekološki cilj za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela; baziran je na biološkim elementima kakvoće MEP-a, uz to što hidromorfološki i fizikalno-kemijski uvjeti DEP-a moraju slijediti ostvarenje željenih bioloških (Halleraker i sur., 2016).

Kako bi se postigao DEP za znatno promijenjena vodna tijela važno je držati se sljedećih stavki: izmijenjivati iskustva za DEP i promjenu hidromorfologije uzrokovanu istom namjenom, pronaći prikladne metode za procjenu usporedivosti (interkalibracije, odnosno interkomparacije), učiti međusobno jedan od drugoga kako bi se osiguralo opće razumijevanje, ostvariti dobru upravljačku politiku i po mogućnosti definirati najbolje dostupne mjere ublažavanja za znatno promijenjena vodna tijela s istom namjenom diljem Europe (Tablica 1.2.) (Halleraker i sur., 2016).

Brojne su namjene za iskorištavanje akumulirane vode, a prikazane su na Slici 1.6.



**Slika 1.6.** Prikaz iskorištenosti riječnog bazena po pojedinoj namjeni.

Sudeći po udjelu iskorištenosti riječnog bazena po namjeni, ključno za stvaranje znatno promijenjenih vodnih tijela je akumuliranje vode za plovidbu, pitku vodu, energetske potrebe (hidroelektrane), regulaciju te zaštitu od poplava.

**Tablica 1.2.** Pregled najvažnijih mjera za ublažavanje posljedica akumuliranja vode.

Hidromorfološka promjena	Glavni ekološki utjecaj	Mjere ublažavanja za	Varijante mjera ublažavanja	Mjere ublažavanja iz 2016. pod vodstvom ODV-a
<b>Riječni kontinuitet za uzvodnu migraciju riba je smanjen, prekinut ili promijenjene orijentacije</b>	Ribe: Populacije migratornih riba odsutne ili smanjene brojnosti	Uzvodni kontinuitet toka za kretanje riba	Rampa Prolaz za ribe Zaobilazni ( <i>by-pass</i> ) kanal "Uhvati, prenesi i otpusti" metoda	Riblje ljestve Zaobilazni kanal Uklanjanje struktura
<b>Riječni kontinuitet za nizvodnu migraciju riba je smanjen ili prekinut</b>	Ribe: Populacije migratornih riba odsutne ili smanjene brojnosti	Nizvodni kontinuitet toka za kretanje riba	Turbine koje ne ranjavaju ribe Zaštita za ribe na turbinama Zaobilazni kanal "Uhvati, prenesi i otpusti" metoda Prolaz za ribe	
<b>Umjetni ekstremno niski protok ili produženi niski protok</b>	Smanjena brojnost i/ili promijenjen sastav biljnih i životinjskih vrsta	Niski protok	Omogućiti dodatni protok Promjene u morfologiji riječnog korita	Uspostava ekološkog protoka
<b>Gubitak ili smanjenje potrebne brzine strujanja za poticanje i održavanje migracija riba</b>	Migratorne ribe odsutne ili smanjene brojnosti	Protok za ribe	Omogućiti ribama potreban protok	
<b>Gubitak, smanjenje ili odsustvo varijabilnosti protoka nužne za protok</b>	Promjena ili smanjena brojnost populacije riba ili makrozoobentosa	Varijabilnost protoka	Pasivna varijabilnost protoka Aktivna varijabilnost protoka	
<b>Nagle izmjene protoka (uključujući <i>hydropeaking</i>)</b>	Smanjenje u broju biljnih i životinjskih vrsta uslijed otplavlivanja ili zadržavanja vode	Nagle promjene protoka	Balansiranje bazena vode (unutrašnje) Premještanje odvodnog kanala Smanjenje stope protoka Promjena riječnog korita Balansiranje bazena vode (vanjsko) (Zadržavanje riba)	Promjene u <i>hydropeaking</i> -u Retencijski bazeni
<b>Promjena općenitih fizikalno-kemijskih uvjeta nizvodno</b>	Rijeka: Promjena u sastavu ili rastu makrozoobentosa i riba ili smrtnost riba	Fizikalno-kemijska promjena	Fleksibilan unos Višestruki unos Upravljanje razinom bazena	

Hidromorfološka promjena	Glavni ekološki utjecaj	Mjere ublažavanja za	Varijante mjera ublažavanja	Mjere ublažavanja iz 2016. pod vodstvom ODV-a
(npr. temperatura, saturiracija itd.)	Jezero: Utjecaj na organsku tvar i primarnu produkciju			
<b>Narušenost ili smanjenje sedimenta duž rijeke koja vodi do promjene u sastavu supstrata, narušenost morfologije i dinamike ujezerenih dijelova (umjetno stabilne obale, sa nastankom bočnih erozija)</b>	Smanjenje brojnosti riba i makrozoobentosa te promjene u sastavu vrsta Temperaturne promjene Promjene ili nestanak populacije hiporeičkih vrsta Promjene u obilježjima samopročišćavanja	Promjene u sedimentu	u Mehaničko prekidanje konstrukcije korita Micanje sedimenta Reintrodukcija sedimenta (novi unos) Reintrodukcija sedimenta (bazeni) Sanacija posljedica bočnih erozija Uvođenje mobilnih tokova (Zadržavanje riba)	Upravljanje sedimentom Micanje struktura Saniranje riječne obale Ekološki protok Minimalizacija dredžanja Sanacija modificirane strukture riječnog korita
<b>Umjetno uvjetovane ekstremne promjene u razini jezera, smanjenje kvalitete i zone plitke vode i obalnih staništa</b>	Smanjenje u brojnosti biljnih i životinjskih vrsta te promjena u sastavu vrsta Promjene u zonama mriješćenja i čuvanja mladih riba Hidrološka prekinutost močvara	Promjena razine jezera	Smanjena promjena razine Povećati pritoke Stvaranje zaljeva Upravljanje zonom plitke vode i obalnih staništa (renaturalizacija) Povezanost s pritokama Umjetni plutajući otoci (Zadržavanje riba)	
<b>Isušena obalna zona i smanjen riječni tok - nastanak ujezerenih rijeka</b>	Promjene u sastavu biljnih i životinjskih vrsta (npr. prevladavanje vrsta tolerantnih na promjene i stajaće vode) Učinak pregrade/prekinutost migracije riba	Ujezerene rijeke (smanjenje)	Zaobilazni kanal Smanjenje zadržavanja vode Poboljšanje staništa u kanalu Stvaranje ponovne bočne povezanosti	Zaobilazni kanal Sanacija staništa Ponovno povezivanje s bočnim dijelovima

## Literatura:

Halleraker, J. H., van de Bund, W., Bussettini, M., Gosling, R., Döbbelt-Grüne, S., Hensman, J., Kling, J., Koller-Kleimer, V., Pollard, P. (2016) Working Group ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies - Part 1: Impacted by water storage; EUR 28413; doi:10.2760/649695.

### 1.5. Pregled Vodiča najbolje prakse za uspostavljanje koncentracija hranjivih tvari za održavanje dobrog ekološkog stanja (*Best Practice Guide on establishing nutrient concentration to support good ecological status*)

Pregled Vodiča najbolje prakse za uspostavljanje koncentracija hranjivih tvari za održavanje dobrog ekološkog stanja bazira se na dokumentu Phillips i sur. (2018).

Povišene razine anorganskih hranjivih tvari glavni su blokirajući čimbenik postizanja dobrog ekološkog stanja stoga je potrebno da zemlje članice utvrde razine koncentracija prikladne vlastitom teritoriju. Međutim, veze između tih hranjivih tvari i održivog ekosustava su složene te stvaraju poteškoće u postavljanju idealnih vrijednosti hranjivih tvari za postizanje dobrog ekološkog stanja. Prema ODV-u, koncentracija hranjivih tvari za postizanje dobrog ekološkog stanja ne bi smijela prelaziti razine koje su utvrđene kao nužne za održivost ekosustava i postizanje određenih vrijednosti bioloških elemenata kakvoće. Na zemljama je članicama da utvrde razine koncentracija hranjivih tvari prema osobitostima svog područja. Štoviše, pregled vrijednosti koncentracija hranjivih tvari među državama članicama doista je i pokazao širok spektar razina hranjivih tvari koje se nastoje postići. Neke od varijacija u postavljenim vrijednostima ukazuju na značajne pozadinske koncentracije, kao i osjetljivosti vodnih tijela naspram obogaćenja hranjivim tvarima unutar i između zemalja članica. S druge strane, moguće su metodološke razlike za postavljanje standarda zajedno s različitim reguliranjem režima, čija je kombinacija dovela do toga da postavljene koncentracije hranjivih tvari zapravo otežavaju postizanje dobrog ekološkog stanja. Uz pomoć ODV-ove implementacije postavljanja općeg pregleda ekološkog stanja kroz provedbu interkalibracije, osigurala se transparentnost i prenosivost koncepata ekološkog stanja između grupa organizama (ribe, beskralješnjaci, makrofiti, alge, itd.) te između država članica Europske unije. Predstavljen je iscrpan pregled dobrog ekološkog stanja (kao i drugih stanja), koji može biti upotrebljen kao polazište za uspostavu granica hranjivih tvari kroz uspostavu statističkog modeliranja veze između koncentracija hranjivih tvari i ekološkog stanja proizašlog iz biologije (Phillips i sur., 2018.).

Unatoč prirodnim razlikama između država članica, dosad stečeno i dostatno iskustvo ipak može priskrbiti neke općenite smjernice i potrebne korake za ispitivanje trenutnih granica hranjivih tvari, kao i za uspostavu novih. Ključne usvojene stavke su da vodna tijela različito odgovaraju na porast hranjivih tvari ovisno o kategoriji, tipu i zemljopisnom položaju te da utjecaj zbunjujućih čimbenika na temeljnoj vezi između biologije i hranjivih tvari također propisno varira. To znači da nema jedinstvenog pravila za razvoj veze s hranjivim tvarima. Umjesto toga, dokument pruža raspon mogućnosti za rješavanje nedoumica. Također je uočeno da će nedoumice postojati ukoliko je neizvedivo izvući veze unutar pojedine države članice koristeći opisane metode. U nekim je slučajevima nužna suradnja između susjednih država članica, dok su u drugim slučajevima potrebni novi pristupi. Razumijevanje ovog problema trenutno je nedovoljno za pružanje čvrstih smjernica, no iznesene metode za kvantifikaciju veza su opisane i istumačene raspravom. Jedna od posljedica višestrukog opterećenja je trenutna nemogućnost jasnog odvajanja hranjivih tvari od ostalih opterećenja, stoga će u takvoj situaciji



zemlja članica morati oprezno razmotriti kako je veza između nutrijenata i ekološkog stanja prenesena u plan upravljanja za postizanje ciljeva ODV-a (Philips i sur., 2018).

Fokusirajući se na slatke vode, činjenica je da su fosfor i dušik elementi koji sudjeluju u eutrofikaciji te ih je stoga nužno pratiti i regulirati. Ukupni fosfor najčešće je upotrebljavan kao reprezentativan parametar za fosfor. Poteškoće proizlaze iz razlikovanja pritiska i samog odgovora zajednice. Zajednice, kao što su plankton, makrofiti ili zelene alge, mogu vezati fosfor iz okoliša. Bilo bi poželjno da se mjeri godišnja srednja vrijednost, no nekolicina država članica ravna se po sezoni cvatnje. Međutim, uglavnom je jaka veza između ta dva izračuna, s obzirom na to da je unos fosfora usklađen s otpuštanjem iz sedimenta te, naročito tamo gdje su točke izviranja, učinak kontinuiteta točki izviranja nastavlja se duž toka sa slabijim otapanjem u ljeto. S druge strane, kako je mjerenja u slučaju ekstremnih pojava (npr. poplava) potrebno isključiti, treba uočiti da je srednja godišnja vrijednost rijetko temeljena na uzorkovanjima češćima od jednom mjesečno, dok se pritom velika količina hranjivih tvari, naročito u slivnom području, unese u obrocima koje rutinsko uzorkovanje može propustiti. Na taj način mjerenje otopljenog fosfora može umanjiti pravu sliku dostupnosti njegove stvarne koncentracije biološkim zajednicama. Najprikladniji oblik mjerenja ovisio bi o tipu toka koji se analizira (Philips i sur., 2018).

Što se dušika tiče, kod tekućica je prisutna podijeljenost oko mjerenja otopljenog anorganskog dušika te mjerenja ukupnog dušika, koje se uglavnom sagledava godišnje prije nego u sezoni cvatnje.

Predloženi statistički alat (engl. *toolkit*) temelji se na različitim statističkim metodama za određivanje odgovarajućih koncentracija hranjivih tvari za potporu ostvarivanja određenog ekološkog stanja. Ove statističke metode treba postaviti u širi okvir koji također obuhvaća kemijske, ekološke i regulatorne aspekte relevantne za vrstu vodenog tijela koje se razmatra. Predstavljen je iscrpan pregled dobrog ekološkog stanja (kao i drugih stanja), koji može biti upotrijebljen kao polazište za uspostavu granica hranjivih tvari kroz uspostavu statističkog modeliranja veze između koncentracija hranjivih tvari i ekološkog stanja proizašlog iz biologije. Glavni poželjni kriterij u postavljanju okvirnog praga za hranjive tvari je veliki gradijent protezanja podataka mjerenja, idealno kroz 4 četiri kategorija stanja, u svrhu razumijevanja varijabilnosti biološkog odgovora kroz raspon kategorija ekološkog stanja.

Uključena su tri pristupa postavljanju graničnih koncentracija:

- Regresijska analiza, koristeći kontinuirani odnos između omjera ekološke kakvoće (OEK) i koncentracije hranjivih tvari.
- Kategorička analiza, koristeći raspodjelu koncentracije hranjivih tvari unutar bioloških razreda/klasa.
- Minimiziranje neusklađenosti klasifikacija za biološke elemente i hranjive tvari.

Izbor metode ovisi o brojnim čimbenicima, uključujući gradijent koji pokrivaju dostupni skupovi podataka i statističku snagu odnosa između objašnjenih varijabli i varijabli odgovora.

U nekim slučajevima države članice mogu lakše postići statističke preduvjete za metode udruživanjem snaga sa susjedima koji dijele slične tipove vodnih tijela.

Statistički alat temeljen je na MS Excelu i programu R koristi se kako bi se izračun graničnih koncentracija učinio jednostavnijim. Također je razvijena internetska aplikacija koja pruža interaktivno sučelje za R skripte, dostupno onima koji nisu upoznati s R okolinom. Vodič opisuje i opcije za situacije u kojima nijedna od ovih metoda nije prikladna. Na kraju, raspravlja se o pojedinim praktičnim pitanjima povezanim s upotrebom ovih graničnih koncentracija za regulaciju. Ovaj alat podvrgnut je opsežnim ispitivanjima stručnjaka država članica na svim vodnim tijelima (jezera, rijeke, prijelazne i obalne vode).

Metode opisane u ovom priručniku osmišljene su tako da minimiziraju neusklađenost između klasifikacije temeljene na biologiji i hranjivim tvarima. Ključna je riječ "minimizirati", kao što je i ova neusklađenost malo vjerojatna da će se u potpunosti eliminirati, stoga regulatori moraju uključiti moguće neizvjesnosti u njihovom odlučivanju. Situaciju je najlakše predvidjeti kada se koriste regresijske linije najboljeg odabira (engl. *best fit regression lines*). Može se postaviti granica potpornog elementa za dobro ekološko stanje na mjestu gdje biološka granica presijeca kemijske parametre ili na položaju iznad ili ispod ove točke (na primjer, gornja ili donja granica pouzdanosti od 95%). Korištenje gornje linije daje malu vjerojatnost vraćanja vodnih tijela u dobro stanje, ali minimalizira rizik od pogrešnog smanjenja vodnog tijela (tj. prekoračena je „kemijska“ granica, dok je biologija još uvijek u dobrom ekološkom stanju). Donja linija više je oprezna, što daje veliku vjerojatnost vraćanja vodnih tijela u dobro stanje, ali rezultat će pogrešnom degradacijom više vodnih tijela. Drugim riječima, postoje kompromisi između „lažnih pozitivnih rezultata“ i „lažnih negativna“ (pogreške ‘tipa 1’ i ‘tipa 2’) koje će proizvesti određena granica. Razmjeri ovog problema povećavat će se smanjenjem prediktivne snage regresijske jednadžbe.

#### Primjena u slučaju ograničenih podataka

Općenito, vjerojatnije je da će veći skupovi podataka dati robusnija predviđanja od malih. Međutim, to možda neće biti moguće ako unutar teritorija postoji malo vodnih tijela određene vrste. Jedan od načina zaobilaženja ovog problema, koji se često koristi u jezerima, jest upotreba podataka od nekoliko godina, tretirajući ih kao zasebnu točku podataka u vezi. Ipak, to nije idealno rješenje obzirom da svaka od tih točaka podataka ‘jezerskih godina’ nije neovisna jedna o drugoj, te postoji mogućnost pseudoreplikacije. U ovakvim slučajevima, suradnja ekspertnih ekologa i statističara je neophodna.

#### Nepredvidivost bioloških elemenata

Interakcija između povišenih koncentracija anorganskih hranjivih tvari i funkcioniranja ekosustava je složena. Navedeno stvara nesigurnost u predviđanju odnosa između biologije i hranjivih tvari i zauzvrat stvara poteškoće u postavljanju realnih ciljeva za postizanje koncentracija dobrog ekološkog stanja. Vodena tijela različito reagiraju na obogaćivanje hranjivim tvarima, ovisno o kategoriji, tipu i zemljopisnom položaju, a utjecaj kontradiktornih

čimbenika na temeljni odnos nutrijenata i bioloških elemenata također može znatno varirati. Temeljem gore navedenog proizlazi da nema jedinstvenog pravila za opisivanje odnosa bioloških elemenata s hranjivim tvarima.

#### Literatura:

Phillips, G., Kelly, M., Teixeira, H., Salas, F., Free, G., Leujak, W., Pitt, J. A., Lyche Solheim, A., Varbiro, G., Poikane, S. (2018) Best practice for establishing nutrient concentrations to support good ecological status, EUR 29329 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-92906-9, doi:10.2760/84425, JRC112667.

## 2. Utvrđivanje tipova znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela

U utvrđivanju tipova znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela pošlo se od njima najbližih tipova prirodnih vodnih tijela uzimajući u obzir abiotičke čimbenike tipizacije. Istovremeno se vodilo računa o namjeni korištenja tih vodnih tijela i s tim povezanim modifikacijama.



**Slika 2.1.** Postaja Lepenica, prije ak. Lepenica (30077), primjer tipa HR-K\_10 Znatno promijenjene povremene tekućice s promijenjenom morfologijom.

Za znatno promijenjena vodna tijela predlaže se 6 tipova, od kojih u tri postoje podtipovi, dok se umjetne tekućice Dinaridske ekoregije svrstavaju u dva tipa (Tablica 2.1.). Vodna tijela iz projektnog zadatka svrstana su u predložene tipove (Tablica 2.2.) (Slika 2.1.), pri čemu u tipove HR-K\_7A i HR-K\_9A ne spada niti jedno vodno tijelo obuhvaćeno ovim projektom. Navedeni tipovi, međutim, opravdano su dodani u razvijenu tipologiju, budući da postoje na ZPVT-ima koja nisu obuhvaćena projektnim zadatkom. Za njih, međutim, nije bilo moguće razviti klasifikacijski sustav ekološkog potencijala, kao niti za tip HR-K\_11, koji nije bilo moguće uzorkovati zbog njegova bujičnog karaktera.

**Tablica 2.1.** Tipologija znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije.

Tip ZPVT/UVT	Opis
<b>HR-K_7A</b>	Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom (slivno područje 2-100 km <sup>2</sup> )
<b>HR-K_7B</b>	Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka (slivno područje 2-100 km <sup>2</sup> )
<b>HR-K_8A</b>	Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom (slivno područje 100 - 1000 km <sup>2</sup> )
<b>HR-K_8B</b>	Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka (slivno područje 100 - 1000 km <sup>2</sup> )
<b>HR-K_9A</b>	Velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom (slivno područje 1000 - 10000 km <sup>2</sup> )

Tip ZPVT/UVT	Opis
<b>HR-K_9B</b>	Velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka (slivno područje 1000 - 10000 km <sup>2</sup> )
<b>HR-K_10</b>	Znatno promijenjene povremene tekućice s promijenjenom morfologijom
<b>HR-K_11</b>	Znatno promijenjeni bujični tokovi s promijenjenom morfologijom
<b>HR-K_12</b>	Znatno promijenjene tekućice s velikim promjenama protoka
<b>HR-K_13A</b>	Umjetne tekućice s velikim dnevnim promjenama protoka
<b>HR-K_13B</b>	Umjetne tekućice s velikim sezonskim promjenama protoka

### 3. Baze podataka korištene prilikom izrade sustava ocjene ekološkog potencijala

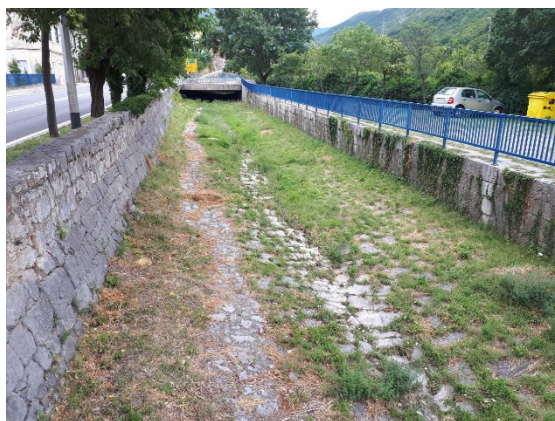
U svrhu izrade klasifikacijskog sustava ocjene ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica za BEK, projektnim zadatkom bila su predviđena uzorkovanja na 60 istraživačkih postaja na tekućicama (Tablice 3.1. i 3.2.) te dodatno na 21 stajaćici s ciljem razvoja klasifikacijskog sustava za ribe (Tablica 3.4.). Tijekom preliminarnih dogovora, uzorkovanje je definirano za 48 postaja na tekućicama, budući da dio vodnih tijela nije bio prikladan za uzorkovanje (dio su prijelazne vode, dio ne postoji na kartama, neka vodna tijela su uključena u druge projekte). Uzorkovanje svih BEK na tekućicama obavljeno je tijekom 2018. i 2019. godine u optimalnom dijelu godine za pojedini BEK. Uzorkovanje riba u stajaćicama provedeno je od 2017. do 2020. godine, jednom u četiri godine u razdoblju od travnja do studenog kako bi se obuhvatilo razdoblje najveće aktivnosti riba u vodnom tijelu.

**Tablica 3.1.** Popis vodnih tijela obuhvaćenih ovim projektom prema tipovima znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela.

Naziv vodnog tijela	Šifra	Naziv monitoring postaje	Tip površinske vode 2020	Tip ZPVT/UVT
Curak	30006	Curak, nakon HE Munjara	HR-R_6	HR-K_7B
Curak	30007	Curak, D. Ložac	HR-R_6	HR-K_7B
Ličanka nizvodno od akumulacije Bajer	30069	Ličanka, Fužine	HR-R_10A	HR-K_7B
Ličanka - Bajer vrelo	30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	HR-R_10A	HR-K_7B
Odvodno preljevni kanal Botonege	31033	Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	HR-R_17	HR-K_7B
	30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	HR-R_10A	HR-K_7B
Dubračina	30078	Dubračina, Tribalj – Ričina	HR-R_16B	HR-K_7B
Obuhvatni kanal Muftrin	31005	Obuhvatni kanal Muftrin, prije ušća u Mirnu	HR-R_17	HR-K_7B
Obuhvatni kanal Bastija	31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	HR-R_17	HR-K_7B
Dubračina	30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	HR-R_16B	HR-K_7B
Kanal Gacka	30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	HR-R_9	HR-K_8A
Raša	31026	Raša, Most Raša	HR-R_18	HR-K_8A
Mirna	31007	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	HR-R_18	HR-K_8B
Mirna	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	HR-R_18	HR-K_8B

Naziv vodnog tijela	Šifra	Naziv monitoring postaje	Tip površinske vode 2020	Tip ZPVT/UVT
Butižnica	40449	Butižnica, prije ak. Golubić	HR-R_12	HR-K_8B
Boljunčica	31078	Boljunčica, r. Letaj	HR-R_18	HR-K_8B
Krka	40413	Krka, Gradina	HR-R_13A	HR-K_9B
Raša	31027	Krbunski potok	HR-R_19	HR-K_10
Raša	31028	Vlaški potok (Posert)	HR-R_19	HR-K_10
Zvizda	40116	Zvizda, gornji tok	HR-R_16A	HR-K_10
Obuhvatni kanal Krapanj	31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	HR-R_19	HR-K_10
Obuhvatni kanal Krapanj	31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu	HR-R_19	HR-K_10
Lepenica	30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	HR-R_10A	HR-K_10
Cetina	40100	Cetina, kod Zakučca	HR-R_13	HR-K_12
Lika	30056	Lika, Selište	HR-R_9	HR-K_12
Ričica	40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	HR-R_10A	HR-K_12
Rječina	30059	Rječina, HE Rijeka	HR-R_7	HR-K_12
Kupa	16015	Kupa, nakon HE Ozalj	HR-R_8B	HR-K_12
Butižnica	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	HR-R_12	HR-K_13A
Gusić	30065	Gusić, Otočac	HR-R_9	HR-K_13A
Gusić	30057	Gusić, prije ak. Gusić	HR-R_9	HR-K_13A
Obuhvatni kanal br. 2	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	HR-R_18	HR-K_13B
Vrbica	40309	Vrbica	HR-R_15A	HR-K_13B
Obuhvatni kanal br. 5	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	HR-R_18	HR-K_13B
Obuhvatni kanal br.3	31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	HR-R_18	HR-K_13B
GOK-2	40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	HR-R_16A	HR-K_13B

Projektni zadatak je obuhvaćao i postaje koje nije bilo moguće uzorkovati (Tablica 3.2.). Nemogućnost uzorkovanja temeljio se uglavnom na tome što je postaja bila suha. U manjem broju slučajeva, uzorkovanje se nije moglo izvršiti zbog nepristupačnosti postaje, npr. vrlo strma obala u kombinaciji s velikom brzinom strujanja duboke vode. Navedena nemogućnost uzorkovanja utvrđena je kroz nekoliko izlazaka na teren u više godišnjih doba, pri čemu je kontaktirano i lokalno stanovništvo, koje je za neke postaje potvrdilo da u tokovima ima vode isključivo kod obilnih oborina (Slika 3.1.). Pri tome se radilo npr. o tipovima HR-K\_11 i HR-K\_13B (Tablica 3.2.), što i odgovara njihovom tipu znatno promijenjenih, odnosno umjetnih tekućica.



**Slika 3.1.** Postaja Kolan, Senj (30047), primjer tipa HR-K\_11 Znatno promijenjeni bujični tokovi s promijenjenom morfologijom.

Bazi podataka za razvoj klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala dodane su postaje na prirodnim vodnim tijelima na kojima je vidljiv utjecaj čovjeka i hidromorfološke promjene te su uključene u ranije projekte i za njih postoje podaci o BEK-ovima (Tablica 3.3.). Ove postaje korištene su kao *benchmark* postaje za pojedine tipove/grupe ZPVT/UVT te im je pridodan tip ZPVT/UVT za koji su ovo najbližije postaje na prirodnim vodnim tijelima.



**Tablica 3.2.** Popis vodnih tijela obuhvaćenih ovim projektom prema tipovima znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, koje nije bilo moguće uzorkovati te razlozi nemogućnosti uzorkovanja.

Naziv vodnog tijela	Šifra	Naziv monitoring postaje	Tip ZPVT/UVT	Datumi terenskih izlazaka	Razlog nemogućnosti uzorkovanja; opaske
Boljunčica	31079	Boljunčica, Nova Vas	HR-K_8B	6.6.2018., 26.6.2018., 13.9.2018.	Presušen vodotok; korito zaraslo
Boljunčica	31085	Boljunčica, Kožljak	HR-K_8B		Presušen vodotok
Boljunčica	31078	Boljunčica, ispod ak. Letaj	HR_K_8B	6.6.2018., 13.9.2018.	Presušen vodotok; korito zaraslo
Suvaja	40510	Suvaja, nakon ak. Ričice	HR-K_10	2.7.2018.	Presušen vodotok; bujični tok
Dubračina	30079	Dubračina, prije ak. Tribalj, Kučani	HR-K_10	28.6.2018.	Presušen vodotok
Zvizda	40117	Zvizda, prije ušća u Cetinu		2.7.2018.	Presušen vodotok
Kolan	30048	Kolan, nizvodno od n. Sv. Križ	HR-K_11	11.7.2018.	Presušen vodotok; bujični tok
Kolan	30047	Kolan, Senj	HR-K_11	11.7.2018.	Presušen vodotok; bujični tok
Odvodni kanal od HE Orlovca	40118	Odvodni kanal, HE Orlovac	HR-K_13A	3.7.2018.	Nepristupačno – strme obale, duboka voda s velikom brzinom strujanja
Obuhvatni kanal Funtana	31077	Obuhvatni kanal Funtana, Funtana	HR-K_13B	14.6.2018., 17.7.2018.	Presušen vodotok
Plomin	31076	Plomin, Malini	HR-K_13B	6.6.2018., 26.6.2018., 13.9.2018.	Presušen vodotok
Obuhvatni kanal br.3	31075	Obuhvatni kanal br. 3, Belići	HR-K_13B	6.6.2018., 13.9.2018.	Presušen vodotok
Obuhvatni kanal br.1	31034	Obuhvatni kanal br. 1, Grandini	HR-K_13B	14.6.2018.	Nepristupačno - ograđeno

**Tablica 3.3.** Dodatne postaje korištene za razvoj klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala, koje su uzorkovane u sklopu redovitog monitoringa.

Šifra postaje	Vodna tijela	Tip površinske vode 2020	Tip ZPVT/UVT
40432	Vrba, Ojdanići	HR-R_11A	HR-K_7B
40430	Orašnica, prije utoka u Krku	HR-R_11A	HR-K_7B
40431	Orašnica, Kninsko polje	HR-R_11A	HR-K_7B
31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	HR-R_17	HR-K_7B
31008	Mufrin, Valenti	HR-R_17	HR-K_7B
31024	Raša, most Mutvica	HR-R_18	HR-K_8A
31010	Mirna, Portonski most	HR-R_18	HR-K_8B
31011	Mirna, Kamenita vrata	HR-R_18	HR-K_8B
40453	Butižnica, HE Golubić	HR-R_12	HR-K_8B
40454	Butižnica, Bulin most	HR-R_12	HR-K_8B
31021	Raša, most Potpićan	HR-R_19	HR-K_10
31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	HR-R_18	HR-K_10
31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	HR-R_18	HR-K_13B

**Tablica 3.4.** Popis stajaćica obuhvaćenim dodatnim zadatkom projekta – razvojem klasifikacijske metode ekološkog potencijala za ribe u stajaćicama Dinaridske ekoregije.

Tip površinske vode	Naziv vodotoka	Tip Uredbi prema standardu kakvoće voda	Naziv višenamjenske akumulacije/stajaćice	Monitoring postaja	Hidroelektrane HEP
HR-R_6	Zagorska Mrežnica	HR-AD_10	akumulacija Sabljaci	19003 Jezero Sabljaci, Ogulin	da
HR-R_6	Lokvarka, Križ potok	HR-AD_5	akumulacija Lokvarka	30110 jezero Lokvarka, iznad usisa hidroenerg. sustava	da
HR-R_7	Dobra	HR-AD_19	akumulacija Lešće	16672 Akumulacija Lešće, Trošmarija	da
HR-R_12	Cetina	HR-AD_13	akumulacija Peruča	40103 Cetina, HE Peruča	HE da
HR-R_10A	Lepenica	HR-AD_2	akumulacija Lepenica	30073 Jezero Lepenica	da
HR-R_10A	Opsenica	HR-AD_1	akumulacija Opsenica	40206 Opsenica, Jurjević	da
HR-R_9	Lika-donji tok	HR-AD_4	akumulacija Krušćica/akumulacija Sklope	30055 Akumulacija Sklope, Krušćica	da
HR-R_17	Račica Draguč Podmerišće Grdoselski potok	HR-AD_18	akumulacija Botonega	31030 Akumulacija Butoniga	
HR-R_6	Ričica	HR-AD_3	akumulacija Štikada	40202 Akumulacija Štikada	da

Tip površinske vode	Naziv vodotoka	Tip Uredbi prema standardu kakvoće voda	Naziv višenamjenske akumulacije/stajačice	Monitoring postaja	Hidroelektrane HEP	
<b>HR-R_12</b>	Cetina	HR-AD_8	akumulacija komp. bazen Prančevići	40107	Cetina, Prančevići	da
<b>HR-R_15B</b>	Ričina	HR-AD_12	akumulacija Ričica	40512	Akumulacija Ričica	
<b>HR-R_10A</b>	Ličanka	HR-AD_1	akumulacija Bajer	30070	Jezero Bajer, na sredini brane	da
<b>HR-R_16B</b>	akumulacija Ponikve	HR-AD_17	akumulacija Ponikve	30100	Akumulacija Ponikve, Krk kod piez. bušotine	
<b>HR-R_16B</b>	Kanal Lug	HR-AD_16	akumulacija Njivice	30090	Jezero kraj Njivica, Krk, iznad usisne košare	
<b>HR-R_15B</b>	Sija	HR-AD_11	retencija blato	40514	Prološko blato	
<b>HR-R_16B</b>	Dubračina	HR-AD_14	akumulacija Tribalj	30080	jezero Tribalj, kod preljevne građevine površina	da
<b>HR-R_13</b>	Zrmanja	HR-AD_15B	akumulacija Razovac	40217	Akumulacija Donji Bazen, Razovac	da
<b>HR-R_12</b>	Cetina	HR-AD_9	akumulacijski/kompenzacijski bazen HE Đale	40134	Cetina, Đale	da
<b>HR-R_12</b>	Krka	HR-AD_15A	akumulacija Brljan	40414	akumulacija Brljan, Krka	da
<b>HR-R_9</b>	Lika, Gacka	HR-AD_7	akumulacija komp. bazen Gusić polje	30046	Akumulacija Brlog, Gusić polje	da
<b>HR-R_16B</b>	Bašćica	HR-AD_16	akumulacija Vlačine	40321	Akumulacija Vlačine	

Podatke o pritiscima dostavio je Naručitelj. Glavni pritisci koji su detektirani u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama su hidromorfološke promjene, te opterećenje hranjivim i organskim tvarima.

Kao pokazatelj hidromorfoloških promjena korištene su hidromorfološke ocjene temeljem Metodologija hidromorfološkog monitoringa i ocjenjivanja znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela koje je izradio Elektroprojekt d.o.o. u suradnji s Prirodoslovno-matematičkim fakultetom, Sveučilišta u Zagrebu.

Kao pokazatelji opterećenja organskim i hranjivim tvarima korištena je baza s fizikalno-kemijskim podacima. U istu svrhu koristili smo i podatke o zemljišnom pokrovu u slivu analiziranih postaja umjetnih i znatno promijenjenih tekućiceteućica, koji objedinjuje sljedeće kategorije: Urbana i umjetna područja u slijevu (CLC razred 1); Intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2); Ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4); Prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5).

Prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ocjene ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih stajaćica na temelju riba, ukupno je 20 okolišnih parametara uključeno u statističke analize. Ti parametri opisuju stanišne uvjete i antropogene pritiske, uključujući fizikalno-kemijske, morfološke i hidrološke uvjete (temperatura zraka, temperatura vode, prozirnost, koncentracija klorofila *aa*, pH vrijednost, koncentracija suspendiranih tvari, alkalinitet, salinitet, koncentracija otopljenog kisika, biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), koncentracija amonija, nitrita, nitrata, ukupnog dušika, ortofosfata, ukupnog fosfora, otopljenih silikata, ukupna koncentracija organskog ugljika (TOC), hidrološki režim i morfološka ocjena). U analizu su uključene prosječne vrijednosti svih fizikalno-kemijskih parametara mjerene u toplijem dijelu godine (od travnja do rujna).

### 3.1. Statistička obrada podataka

Za sve BEK pripremljena su dva seta parametara; jedan koji opisuje biološke zajednice (kvalitativni i kvantitativni sastav) te drugi koji objedinjuje okolišne parametre i pritiske. Korištenjem odgovarajućih korelacijskih analiza odabrani su oni parametri zajednice (metrike) koji imaju najbolji odnos sa pritiscima.

Prilikom analiza BEK ribe, nakon standardizacije (uključeni su samo parametri koji imaju normalnu distribuciju što će omogućiti jasnu poveznicu pritisaka i odgovora) izračunat je Pearsonov korelacijski koeficijent za sve metrike unutar pojedinog seta podataka, u slučajevima gdje je on bio iznad 0,7 jedna ili više metrika je isključena tj. ona s boljom ekološkom interpretacijom je zadržana. U slučajevima gdje ekološka interpretacija nije bila jasna, obje varijable uključene su u sljedeći korak, a ona koja je dala niži odgovor na pritisak (ili uopće nije pokazala odgovor) isključena je u tom koraku.

Odgovori ribljih metrika na sve okolišne parametre i pritiske analizirani su linearnom regresijom. Metrike koje su pokazale značajnu korelaciju s barem jednim pritiskom ( $R^2 > 0,4$ ,  $p < 0,05$ ) su provjerene u skladu s pretpostavkama linearne regresije (normalna distribucija, linearnost i izostanak multikolinearnosti). Metrike za koje su oba uvjeta bila zadovoljena (značajna korelacija s barem jednim pritiskom i linearnost), uključene su u razradu indeksa. Nadalje, korelacijski koeficijenti su izračunati između metrika za oba seta podataka, u slučajevima kada su pokazali značajnu korelaciju, one metrike za koje su dobiveni bolji odgovori na pritiske na koncu su uključene u izračun indeksa.

Za biološke elemente kakvoće makrozoobentos, fitobentos i makrofita odabrani su parametri zajednica (metrike) koji imaju najbolji odnos s pritiscima u najbližim prirodnim tipovima tekućica (Miliša i sur., 2020).

Za izračun korelacija OEK-a makrozoobentosa, fitobentosa i riba s pritiscima korišten je statistički paket Statistica 13, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA, dok je kod BEK makrofita u istu svrhu korišten program SPSS 22. Program Primer v7, PRIMER-E, Plymouth, UK korišten je za Simper analize na Bray-Curtis matrici sličnosti vrsta na osnovi brojnosti (relativne učestalosti) dijatomeja.

MS Excel 16, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA korišten je za izradu dijagrama i tablica te za izračune OEK-a, ocjena i prikaza ocjena.

## Literatura:

Miliša, M. i sur. (2020) Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske primorske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće, 367 str.

Vučković, I, i sur. (2020) Sustavno ispitivanje hidromorfoloških elemenata kakvoće u rijekama u 2019. i 2020. godini. Elektroprojekt d.d. i Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

## 4. Prikaz bioloških metoda ocjene ekološkog potencijala za svaki biološki element kakvoće

### 4.1. Biološki element kakvoće: Makrozoobentos

#### 4.1.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji

##### 4.1.1.1. Uzorkovanje

###### Vrijeme uzorkovanja

Najpovoljnije vrijeme uzorkovanja za velike i vrlo velike umjetne i znatno izmijenjene tekućice je ljetno-rano jesensko razdoblje (srpanj - rujan), kada većina hrvatskih rijeka ima nizak vodostaj. Za sve ostale tipove umjetnih i znatno promijenjenih tekućice najpovoljnije vrijeme uzorkovanja je u proljetnom razdoblju (veljača - travanj), tj. prije masovnog izlijetanja odraslih kukaca koje se događa tijekom svibnja i lipnja. Za znatno promijenjene povremene tekućice najpovoljnije vrijeme uzorkovanja je veljača i ožujak, odnosno proljetni mjeseci u kojima vodno tijelo još nije presušilo.

Kod ZPVT/UVT koja se redovito održavaju zbog namjene, pri čemu dolazi do uklanjanja sedimenta ili iznimno stresnih uvjeta za makrozoobentos, potrebno je provesti uzorkovanje prije takvih radova, u cilju uzorkovanja stabilne zajednice.

Prije početka uzorkovanja potrebno je da razdoblje stabilnog i niskog vodostaja bude dovoljno dugo kako bi se makrozoobentos mogao dobro razviti. Umjetne tekućice s velikim dnevnim promjenama protoka (HR-K\_6A) treba uzorkovati u jutarnjim satima, primjerice prije nego što počinje rad strojarnica.

Uzorkovati se ne smije:

- u vrijeme visokih voda i do 3 tjedna nakon visokih voda,
- u vrijeme svih drugih poremećaja izazvanih prirodnim procesima.

###### Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Mjesto uzorkovanja treba biti reprezentativno za tijelo tekućice. Dužina uzorkovanog odsječka ovisi o površini sliva i iznosi:

- 25 m, ako je površina sliva od 10 do 100 km<sup>2</sup> (male tekućice),
- 50 m, ako je površina sliva od 100 do 1 000 km<sup>2</sup> (srednje velike tekućice),
- 100 m, ako je površina sliva od 1 000 do 10 000 km<sup>2</sup> (velike tekućice),
- 250 m, za one površine sliva veće od 10 000 km<sup>2</sup> (vrlo velike rijeke).

Treba izbjegavati uzorkovanje blizu hidro-tehničkih objekata (mostova i preljeva). Ove strukture izazivaju promjene u brzini toka, karakteru podloge, kao i zajednici beskralješnjaka pa struktura zajednice nije reprezentativna za određeno tijelo površinske vode.

## Oprema potrebna za uzorkovanje

Uzorkovanje se obavlja ručnom bentos mrežom ili Surberovom mrežom.

### Ručna bentos mreža

- dimenzija metalnog okvira: širina 25 cm, visina 25 cm,
- okvir mora biti pričvršćen za metalno ili drveno držalo,
- dužina mreže je minimalno 50 cm s promjerom okašca 0,5 mm,
- veličina uzorkovane površine je 0,25 m x 0,25 m (0,0625 m<sup>2</sup>).

### Surberova mreža

Za uzorkovanje u malim ili plitkim tekućicama s krupnijim supstratom:

- dimenzija metalnog okvira: širina 25 cm, visina 25 cm,
- dužina mreže je 50 cm s promjerom okašca 0,5 mm,
- veličina uzorkovane površine je 0,25 m x 0,25 m (0,0625 m<sup>2</sup>).

### Dodatna oprema:

- posude širokog grla za uzorke,
- kadica,
- pinceta,
- papir za etikete (paus papir),
- olovka,
- vodoodporni flomaster,
- fotoaparata,
- koncentracija 36 % formaldehida ili 96 % etilnog alkohola,
- gumene čizme (ribarske duge, sa i bez naramenica),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, kapa ili šešir, krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja,
- gumene rukavice koje dosežu do ramena,
- odvijač ili uska špatula,
- četka,
- terenski protokol i terenski ključevi za određivanje pojedinih skupina koje se samo zabilježe i vraćaju na stanište (potočni rakovi, veliki školjkaši ...),
- terenska torbica s prvom pomoćii
- pojas za spašavanje za uzorkovanje na velikim rijekama.

NAPOMENA: Metode i naprave za uzorkovanje makrozoobentosa u rijekama moraju biti u skladu s normom HRN EN ISO 10870:2012, Kvaliteta vode – Smjernice za odabir metoda i naprava za uzorkovanje bentoskih slatkovodnih makrobekralježnjaka.

## Metoda uzorkovanja

Uzorkuju se sva raspoloživa mikrostaništa (engl. multi-habitat sampling) na mjernoj postaji, pri čemu se prikuplja 20 poduzoraka raspoređenih razmjerno udjelu mikrostanišnih tipova, s time da se mikrostanište koje je zastupljeno s manje od 5% ne uzorkuje, ali se zabilježi u protokolu. Mikrostanišni tip predstavlja kombinaciju anorganskog i organskog supstrata. Poduzorak se uzorkuje podizanjem podloge koju čini supstrat s pripadajućim životinjama s površine veličine 25 x 25 cm (0,0625 m<sup>2</sup>). Na mjernim postajama s jednoličnim supstratom (1-3 raspoloživih mikrostaništa), obično s dominantnom mekanom podlogom te finim i krupnim česticama organske tvari (FPOM i CPOM) uzorkuje se 10 poduzoraka. Dubina uzorkovanog sloja mora biti odgovarajuća kako bi se prikupile sve prisutne vrste, a ovisi o tipu supstrata.

Dubina uzorkovanog sloja prema tipu supstrata je:

- 5 - 10 cm u slučaju mekane podloge i nakupljenog organskog materijala: psamal, fine organske čestice (FPOM), velike čestice organske tvari (CPOM)
- 10 - 15 cm u slučaju srednje veličine podloge: akal, mikrolital, velike čestice organske tvari (CPOM)
- 15 - 20 cm u slučaju velike podloge: makrolital, živi dijelovi kopnenih biljaka

Zbroj 20 poduzoraka predstavlja kompozitni uzorak s uzorkovane površine od 1,25 m<sup>2</sup>, a u slučaju da se uzorkuje 10 poduzoraka uzorkovana površina iznosi 0,625 m<sup>2</sup>.

## Način uzorkovanja

1. Prvi korak je detaljna klasifikacija mikrostaništa (mineralnog supstrata i organske podloge), prikazana u Tablici 4.1. Definicije mikrostaništa nalaze se u Pojmovniku stručnih izraza i kratica.
2. Drugi korak je procjena prosječne zastupljenosti svakog tipa mikrostaništa, koja se unosi u terenski protokol, uključujući i supstrat nastao pod utjecajem čovjeka (tehnolital), ukoliko je prisutan (Tablica 4.2.). Za procjenu zastupljenosti mikrostaništa uzorkovani odsječak se podijeli na pododsječke od 25 m (za rijeke s veličinom sliva do 100 km<sup>2</sup>). Preporučuje se odrediti zastupljenost mikrostaništa s obale rijeke, bez ulaženja u rijeku.

**Tablica 4.1.** Klasifikacija mineralnih i organskih mikrostaništa (supstrata) kojima se procjenjuje zastupljenost pri uzorkovanju makrozoobentosa.

Mineralna mikrostaništa	Organska mikrostaništa
Megalital (> 40 cm) - Mg (veliko kamenje, blokovi i stijene)	Fital - F (nitaste alge, slojevi algi na kamenju)
Makrolital (20 cm - 40 cm) - Ma (veće kamenje)	Fital - F (submerzne alge, mahovine i makrofiti)
Mezolital (> 6,3 cm - 20 cm) - Mz	Fital - F



Mineralna mikrostaništa	Organska mikrostaništa
(kamen veličine šake, oblutak)	(emerzna makrofitska vegetacija, npr. <i>Typha</i> sp., <i>Carex</i> sp., <i>Pragmites</i> sp.)
Mikrolital (> 2 cm – 6,3 cm) - Mi (srednji i krupni šljunak do veličine šake, valutice)	Fital - F (živi dijelovi kopnenog bilja, korijenje johe, priobalna vegetacija)
Akal (> 0,2 - 2 cm) - Ak (sitni šljunak)	Ksilal - X (veliki trupci, grane, korijenje u vodotoku)
Psamal/Psamopelal (> 6,3 $\mu$ m - 2 mm) - P (organski mulj, pijesak)	CPOM - POM (velike čestice organske tvari; lišće)
Argilal (< 6,3 $\mu$ m) - Ar (anorganski mulj, glina)	FPOM (fine čestice organske tvari)
Teh nolital 1 (umjetna podloga, npr. beton)	Kanalizacijske gljivice i bakterije (npr. <i>Sphaerotilus</i> i organski mulj)
Teh nolital 2 (umjetno betonirano korito)	Krhotine (nakupine kućica puževa i školjki)

**Tablica 4.2.** Tablica zastupljenosti staništa.

		MINERALNA STANIŠTA - zastupljenost (suma=100%)																						
		megalita l >40 cm		makrolital 20-40 cm		mezolital 6-20 cm		mikrolital 2-6 cm		akal >0,2-2 cm		psamal 6 μm-2 mm		psamopelal		pelal <6 μm		argilal <6 μm		tehnolital		nedodijeljeno		
		%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	%	SU	
BIOTIČKA STANIŠTA zastupljenost (suma	golo mineralno stanište																							
	mikro-alge																							
	makro-alge																							
	submerzne mahovine i makrofiti																							
	emerzni makrofiti																							
	živi dijelovi kopnenog bilja																							
	ksilal																							
	CPOM																							
	FPOM																							
	razni ostaci																							
	kanalizacijske bakterije i gljivice																							

- Anorganski i organski supstrat u potopljenom dijelu korita rijeke se promatraju kao jedan sloj. Utvrđuje se udio jednog i drugog supstrata, a zbroj udjela obje vrste supstrata mora biti 100%. To znači da se procjena zastupljenosti anorganskog supstrata kombinira s procjenom zastupljenosti organskog supstrata te kod uzorkovanja organskog supstrata uzima se u obzir i temeljni anorganski supstrat na kojem se nalazi.
3. Treći korak je definiranje broja poduzoraka, prema udjelu svakog tipa mikrostaništa. Jedan poduzorak treba biti prikupljen za svakih 5% zastupljenosti mikrostaništa, pri čemu ukupno 20 poduzoraka treba biti rasprostranjeno po uzorkovanom odsječku. Primjerice, ako na odsječku mezolital čini 50%, akal 30% i psamal 20% površine dna, potrebno je prikupiti 10 poduzoraka mesolitala, 6 poduzoraka akala i 4 poduzoraka psamala. Mikrostanišne tipove zastupljene s manje od 5% u terenskom protokolu se označi samo oznakom plus.
4. Četvrti korak je uzorkovanje, a preporuke su sljedeće:
- Uzorkovanje se započinje s najnižvodnijeg dijela odsječka koji se uzorkuje.
  - U plićim dijelovima tekućice uzorkovanje se može obavljati Surberovom mrežom. Za prebacivanje supstrata iz horizontalnog okvira u mrežu koriste se metalne ili plastične lopatice.
  - Ako se uzorkuje ručnom mrežom, uzorak se može prikupljati na dva načina, ovisno o dubini tekućice:
    - U plićim dijelovima, mreža se povlači po dnu 25 cm (ili se krupniji supstrat s površine 25 x 25 cm rukom prebacuje u mrežu). Nakon što su prikupljena 3-4 poduzorka, odvajanje makrofaune od organskih i anorganskih čestica vrši se na obali gdje se prikupljeni materijal prebacuje u plastičnu kantu s vodom te se pregledava veće kamenje i fital uz odvajanje životinja. Preostala makrofauna odvaja se od sedimenta metodom ispiranja i dekantiranja kroz mrežu promjera oka 500 µm, a postupak se ponavlja nekoliko puta.
    - U dubljim dijelovima tekućice, uzorak se može prikupljati i tako da se mreža postavi uspravno i čvrsto na supstrat s otvorom u suprotnom smjeru toka te se vrteći petama čizme uznemiruje dno korita i podiže supstrat najmanje 10 – 15 cm duboko (engl. *kick and sweep sampling*). Pričekava se da struja vode podignuti sediment i organizme otplavi u mrežu. Postupak se na istom mjestu ponovi još jednom kada se voda razbistri. Mreža treba biti dovoljno blizu da bi makrozoobentos struja vode otplavila u nju, ali dovoljno daleko da pijesak i šljunak u velikoj količini ne uđe u mrežu. Preporučeno je također pokupiti drvene ostatke u kadicu, da bi se kasnije pincetom mogle odvojiti pričvršćene

životinje na njima. Nakon tri, četiri poduzorkovanja, ispere se sabrani materijal potezanjem mreže po vodi suprotno smjeru struje vode i miješanjem rukom, kako bi se odstranile sitne čestice (mulj). Zatim se iz mreže odstrani veći supstrat s kojeg su prethodno odstranjeni svi organizmi. Na taj se način smanji volumen uzorka.

Uzorkovanje se razlikuje u ovisnosti o tipu mikrostaništa, što je prikazano u Tablici 4.3.

**Tablica 4.3.** Način uzorkovanja makrozoobentosa s pojedinih tipova mikrostaništa/supstrata.

Tip mikrostaništa	Način uzorkovanja
<b>Megalital</b>	Sa stijene se rukom, četkom ili nekim drugim oštrim predmetom odstrane organizmi i isperu u mrežu. Kada se na stijeni uzorkuje s različitih mjesta, posebno se uzorkuje svaki dio (prednja strana, stražnja strana, rub stijene), a potom se sa svih dijelova stijene skupljeni uzorci objedine u jednom poduzorku. Sabrani materijal se ispere potezanjem mreže po vodi suprotno smjeru struje vode.
<b>Makrolital i mezolital</b>	Najprije se s kamenja prikupe pričvršćeni organizmi i isperu u mreži. Zatim se kamenje pomakne, veće kamenje stavi u mrežu i u njoj rukom ili pincetom sabere svi prisutni organizmi, dok se ostali supstrat pomakne i promiješa. U različitim dijelovima tekućice prilikom prikupljanja poduzoraka mogu se koristiti različiti uzorkivači.
<b>Mikrolital</b>	Ispred mreže se miješa i podigne supstrat. Za miješanje supstrata do dubine od 15 – 20 cm može se koristiti i odvijač ili sličan čvrsti predmet. Mrežu se drži dovoljno blizu podignutog supstrata i nastoji se da u mreži bude što manje anorganskog supstrata. U brzotekućim dijelovima rijeke može se koristiti Surberova mreža.
<b>Ksilal</b>	Kod uzorkovanja se preporučuje izbjegavati svježe palo drvo u vodu, jer još nema dobro razvijenu biološku zajednicu. Veći komadi drveta se isperu, sabere organizmi te se vrati natrag u rijeku, a korijenje se protrese i dobro ispere u mreži kako bi se odstranili organizmi.
<b>Velike čestice organske tvari; lišće – CPOM</b>	Kod uzorkovanja se preporučuje izbjegavati svježe palo lišće u vodu, jer još nema dobro razvijenu biološku zajednicu. Lišće se ispere na terenu i ne nosi u laboratorij.
<b>Makrofiti</b>	Makrofiti se po potrebi mogu donositi u laboratorij na daljnju analizu, jer se neki organizmi, primjerice dvokrilci iz porodica Simuliidae i Chironomidae, ponekad teško odvajaju na terenu. Preporučuje se kvantitativno uzorkovanje jednakih dijelova korijena, stabljike i listova, a ne uzorkovati s ručnom mrežom potopljene dijelove makrofita.

#### Obrada uzorka na terenu

- Iz uzorka se odstranjuje veliko kamenje, uz provjeru da nema zaostalih organizama. Općenito, osjetljiviji organizmi, poput virnjaka (*Turbellaria*) se oštećuju ili kontrahiraju konzerviranjem te se trebaju razvrstati i prema mogućnosti determinirati odmah na terenu, ili nekoliko živih primjeraka spremi u odvojene bočice bez

supstrata kako se ne bi oštetili tijekom transporta. Te uzorke tijekom transporta u laboratorij treba držati u hladnjaku.

- Velike, rijetke i zaštićene organizme, koje je lako determinirati na terenu, zabilježi se u terenskom protokolu i vraća u tekućicu (veliki školjkaši, potočni rak).
- Uzorkovani se materijal odmah po obavljenom uzorkovanju spremi u posudu ili vrećicu gdje se konzervira formaldehidom (4% konačna koncentracija formaldehida) ili 96%-nim etilnim alkoholom (70% konačna koncentracija etilnog alkohola). Kada se za konzerviranje koristi etilni alkohol iz uzorka se najprije odstrani voda, a tek onda se dodaje etilni alkohol. Organizmi koji prijanjaju uz mrežu odstrane se pincetom. U ili na bocu s uzorkom obavezno dolazi vodootporna etiketa sa svim potrebnim podacima.
- Ako je na mjernoj postaji prisutna mekana podloga uz velike količine organske tvari koja je u procesu raspadanja, treba koristiti veće kadice za ispiranje prikupljenog materijala. Posude s prikupljenim uzorkom pune se do pola, kako bi ostalo dovoljno mjesta za fiksativ. Po potrebi navedeni uzorci se rekonzerviraju u laboratoriju, da se spriječi daljnja dekompozicija prikupljenog materijala, uključujući i makrozoobentos. Za ispiranje mulja u već muljevitom vodotoku mogu poslužiti i dodatni karnisteri s vodom.
- Vodootporna etiketa mora sadržavati sljedeće podatke napisane grafitnom olovkom ili uljnim flomasterom koji je otporan na vodu i alkohol:
  - naziv tekućice,
  - mjernu postaju,
  - datum uzorkovanja.

Na posudi za uzorkovanje također se napišu isti podaci kao i na etiketi. Ako se uzorak s jedne mjerne postaje sprema u nekoliko posuda, etikete i posude se numeriraju (npr. 1/2, 2/2 itd.).

- Po završetku uzorkovanja cijela korištena oprema se dobro opere i pregleda kako ne bi zaostali neki organizmi te pripremi za sljedeće uzorkovanje. Ponekad opremu treba i sterilizirati potapanjem u alkohol, ako je uzorkovanje obavljeno na mjestima moguće zaraze npr. račjom kugom.

Po obavljenom uzorkovanju terenski protokol se pregleda i provjeri sadrži li sve potrebne podatke te se upišu i mogući problemi nastali tijekom uzorkovanja, koji bi mogli utjecati na kvalitetu uzorka.

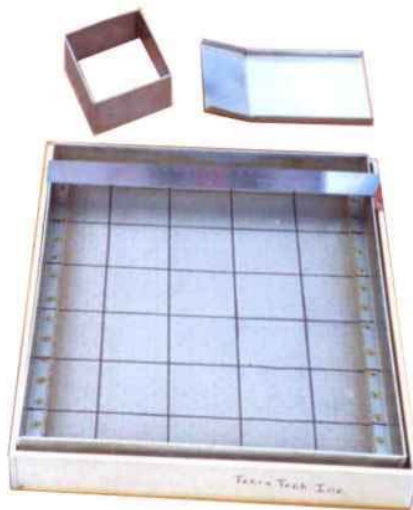
#### 4.1.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka

##### Izolacija makrozoobentosa

U laboratoriju se uzorak makrozoobentosa podijeli na manje uzorke s ciljem skraćivanja vremena potrebnog za obradu uzorka. To se prvenstveno odnosi na uzorke s izrazito gustim populacijama makrozoobentosa. Slučajni odabir poduzoraka omogućuje da se iz velikog uzorka odabere manji broj poduzoraka, koji predstavljaju cjelokupni uzorak. Uzorak se prvo homogenizira, a poduzorkovanje se obavlja korištenjem posebne opreme (poduzorkivač). Na taj način, osigurava se proporcionalna zastupljenost organizama (Slika 4.1.).

Oprema za poduzorkovanje u laboratoriju:

- kadica,
- metalna ili plastična mreža s 30 kvadrata jednake veličine; svaki kvadrat predstavlja jedan poduzorak,
- žlice ili lopatice za izolaciju materijala iz kadice,
- plastične posudice, vrećice ili kivete,
- etilni alkohol,
- rukavice,
- škare,
- paus papir i
- grafitna olovka.



**Slika 4.1.** Mreža s 30 kvadrata jednake veličine u kadici s poduzorkivačem potrebna za poduzorkovanje makrozoobentosa.

Organizmi se izoliraju na sljedeći način:

- U laboratoriju se iz vrećice ili posudice s uzorkom odlije alkohol kroz mrežu promjera oka 500  $\mu\text{m}$  u odgovarajuću posudu, a sabrani materijal se ispere pod laganim mlazom vode.
- Za analizu nije potrebno izdvajati organizme iz cijelog uzorka te se on jednolično rasporedi u kadicu za poduzorkovanje, koja je podijeljena na 30 jednakih kvadrata. Upotrebom para igraćih kockica, nasumično se odabere pet slučajno izabраниh kvadrata/poduzoraka (jedinica za izolaciju). Poduzorci se prenesu na komplet od nekoliko sita. Obavezno se mora paziti da sita idu po veličini i da je najdonje sito s promjerom oka od 0,5 mm. Uzorak se preko sita dodatno ispere, kako bi se materijal homogenizirao. Navedeni postupak valja provoditi pažljivo kako ne bi došlo do oštećenja jedinki pojedinih skupina makrozoobentosa (npr. Ephemeroptera, Amphipoda, Oligochaeta). Uzorci iz svakog sita zasebno se prenesu u posudice ispunjene 70%-tnim etanolom. Takav uzorak je spreman za izolaciju, odnosno izdvajanje svih makroskopskih beskralješnjaka.
- Izdvajanje organizama je završeno ako u pet poduzoraka nađemo minimalno 700 jedinki.
- U slučaju da se na navedenoj površini ne izolira više od 700 jedinki, pregledavaju se dodatni kvadrati sve dok brojnost organizama ne dosegne potrebnih 700 jedinki.
- Broj jedinki je potrebno preračunati na cijeli uzorak te kasnije na površinu od  $1\text{m}^2$ .
- Organizam pripada pojedinom poduzorku ako se glava, odnosno veći dio organizma, nalazi u njoj.
- Za organizme, koji leže na gornjoj ili desnoj granici između dva poduzorka, smatra se da pripadaju tom poduzorku.
- Prazne ljuštore puževa i školjkaša te prazne kućice ličinka tulara se ne broje.
- Ne broje se svlakovi kukaca i dijelovi organizama (noge, škrge, antene i sl.).
- Kod maločetinaša se broji cijeli primjerak ili samo prednji dio tijela.
- Za izolaciju organizama se koristi stereolupa.
- Bentoski beskralješnjaci se po taksonomskim skupinama sprema u zasebne kivetice sa 75% etilnim alkoholom u koje se stavljaju etikete od paus papira s naznačenim nazivom skupine, datumom i mjestom uzorkovanja. Tako spremljeni organizmi se kasnije determiniraju do nižih sistematskih kategorija.

### Determinacija makrozoobentosa

U Tablici 4.4. je navedena razina determinacije makrozoobentosa potrebna za ocjenu ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica u Hrvatskoj. Preporučuje se što detaljnija determinacija, do razine vrste, ukoliko je moguće.

**Tablica 4.4.** Obavezna razina determinacije makrozoobentosa i broj jedinki koji se determinira kod pojedine skupine.

Sistematska skupina	Razina determinacije	Minimalan broj jedinki koji se determinira	Sistematska skupina	Razina determinacije	Minimalan broj jedinki koji se determinira
<b>Porifera</b>	rod	SVE	<b>Ephemeroptera</b>	rod, vrsta	100
<b>Hydrozoa</b>	rod	SVE	<b>Trichoptera</b>	rod, vrsta	SVE
<b>Bryozoa</b>	prisustvo	SVE	<b>Odonata</b>	rod, vrsta	SVE
<b>Turbellaria</b>	rod, vrsta	SVE	<b>Megaloptera</b>	rod, vrsta	SVE
<b>Oligochaeta</b>	porodica, rod, vrsta	100	<b>Heteroptera</b>	rod, vrsta	100
<b>Hirudinea</b>	rod, vrsta	SVE	<b>Coleoptera</b>	rod, vrsta	100
<b>Mollusca</b>	rod, vrsta	100	<b>Diptera</b>	porodica, rod, vrsta	100 *
<b>Crustacea</b>	rod, vrsta	100	<b>Hydracarina</b>	prisustvo	prisustvo
<b>Plecoptera</b>	rod, vrsta	100			

\* za porodice skupine Diptera kao što su Chironomidae i Simuliidae primjenjuje se pravilo od 100 jedinki, dok se ostale determiniraju u cijelosti

Za determinaciju je potrebno koristiti relevantne determinacijske ključeve.

NAPOMENA: Uzorkovanje i laboratorijska analiza uzoraka mora biti u skladu sa Smjernicama za ravnomjerno uzorkovanje bentoskih makrobekraljeznjaka u plitkim rječicama prema zastupljenosti različitih staništa (HRN EN 16150:2012) i Smjernicama za uzorkovanje bentoskih makroavertabrata ručnom mrežom (HRN EN 27828:2008).

### Kvantifikacija makrozoobentosa

U uzorku makrozoobentosa potrebno je odrediti brojnost taksona. Budući da relativna brojnost može dovesti do značajnih odstupanja rezultata, za izračunavanje Hrvatskog saprobnog indeksa - SI<sub>HR</sub> (vidi poglavlje 3.4.3.3.3. Za izračunavanje indeksa/pokazatelja Metodologije uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće Hrvatskih voda) određuje se ili apsolutna brojnost indikatorskih vrsta utvrđenih u cijelom uzorku ili brojnost preračunatu na 1 m<sup>2</sup>.



## Računalna obrada podataka

Konačna brojnost po taksonomskim razinama unosi se za svaku mjernu postaju u Excel bazu podataka. Takva konačna baza podataka dalje se procesira u programu Asterics (verzija 4.04) kako bi se, na temelju sastava zajednice, za svaku mjernu postaju izračunao stupanj kvalitete vode kao i čitav niz specijaliziranih pokazatelja, tj. metrika. Pomoću tih metrika izračunavaju se omjeri ekološke kakvoće. Izračunavaju se 2 tipa omjera ekološke kakvoće: po starim hrvatskim tipovima te po novo uvedenim interkalibracijskim tipovima. Podaci su obrađeni i u programskom paketu Statistica 13 u kojem je izračunat Spearmanov indeks korelacije.

### **4.1.2. Pristup i grupiranje postaja za ocjenu ekološkog potencijala na osnovu makrozoobentosa**

Prilikom razvoja sustava za određivanje ekološkog potencijala slijedilo se tzv. referentni pristup (CIS vodić br. 4) pri čemu se MEP određuje putem relevantnih indeksa koji karakteriziraju stanje ukoliko su poduzete sve mjere ublažavanja negativnih utjecaja.

Ishodište za izračun indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog stanja bilo je grupirati tipove znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela u veće skupine, na temelju njihovih zajedničkih značajki, u svrhu dobivanja statistički pouzdanijeg seta podataka i većeg gradijenta za svaki promatrani parametar. Na taj su način formirane 4 grupe (Tablica 4.5.).

Valja napomenuti da su razvoju sustavu pridodane i mjerne postaje s izvršenim mjerenjima i podacima iz drugih projekata, u svrhu povećavanja baze podataka kako bi odgovori na opterećenja te sam predstojeći sustav bili statistički precizniji (Tablice 4.6. i 4.7.).

**Tablica 4.5.** Tipovi znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela udruženih u 4 veće skupine. Navedeni su samo oni tipovi za koje u sklopu projektnog zadatka postoje vodna tijela.

Grupa	Tip	Opis tipa ZPVT/UVT
1	HR-K_7B	Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka
2	HR-K_8A	Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom
	HR-K_8B	Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka
	HR-K_9B	Velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka
3	HR-K_10	Znatno promijenjene povremene tekućice s promijenjenom morfologijom
	HR-K_12	Znatno promijenjene tekućice s velikim promjenama protoka
4	HR-K_13A	Umjetne tekućice s velikim dnevnim promjenama protoka
	HR-K_13B	Umjetne tekućice s velikim sezonskim promjenama protoka

**Tablica 4.6.** Postaje iz projekta „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije“, raspodijeljene po grupama za ocjenu ekološkog potencijala.

Grupa	Tip vodnog tijela	Vodna tijela
1	HR-K_7B	Curak, nakon HE Munjara Curak, D. Ložac Ličanka, Fužine Ličanka, ispod CHE Fužine Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer Dubračina, Tribalj - Ričina Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton Dubračina, Tribalj - HE Vinodol
2	HR-K_8A	Kanal Gačka, južno od Otočca Raša, Most Raša
	HR-K_8B	Mirna, Sovinjak-Minjera Butižnica, prije ak. Golubić Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda Boljunčica, r. Letaj
	HR-K_9B	Krka, Gradina
3	HR-K_10	Zvizda, gornji tok Krbunski potok Vlaški potok (Posert) Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu Lepenica, prije ak. Lepenica
	HR-K_12	Lika, Selište Kupa, nakon HE Ozalj Cetina, kod Zakučca Ričica, nakon utoka Opsenice Rječina, HE Rijeka
4	HR-K_13A	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu Gusić, Otočac Gusić, prije ak. Gusić
	HR-K_13B	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša Vrbica Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu GOK-2, Milanovići (kod Cetine)

**Tablica 4.7.** Dodatne postaje na prirodnim vodnim tijelima koje su korištene za razvoj sustava ocjene ekološkog potencijala ZPVT/UVT-a, pridružene odgovarajućem tipu ZPVT/UVT-a i raspodijeljene po grupama za ocjenu ekološkog potencijala.

Grupa	Tip vodnog tijela	Šifra postaje	Vodna tijela
1	HR-K_7B	40432	Vrba, Ojdanići
		40430	Orašnica, prije utoka u Krku
		40431	Orašnica, Kninsko polje
		31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu
		31008	Mufrin, Valenti
2	HR-K_8A	31024	Raša, most Mutvica
	HR-K_8B	31010	Mirna, Portonski most
		31011	Mirna, Kamenita vrata
		40453	Butižnica, HE Golubić
		40454	Butižnica, Bulin most
3	HR-K_10	31021	Raša, most Potpićan
		31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša
4	HR-K_13B	31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna

#### 4.1.3. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na osnovu makrozoobentosa

Unutar navedenih grupa tipova znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, pripadajućim postajama izdvojene su metrike za izračun OEK-a, prema njihovom hrvatskom i interkalibracijskom tipu (za prirodne tekućice). Pri tome se vodilo računa da se radi o najbližem tipu usporedive prirodne tekućice u skladu s CIS vodičima za utvrđivanje ekološkog potencijala.

Također, usporedno s time, izračunati su Spearmanovi koeficijenti korelacije izdvojenih, ali i relevantnih ostalih metrika u odnosu na ključne parametre hidromorfološkog potencijala i fizikalno-kemijskih parametara za svaku grupu (u Prilogu 15). Na taj su način ispitani odgovori metrika za OEK-e tipova prirodnih tekućica, kao i drugih metrika, ukoliko potencijalno bolje odgovaraju na opterećenja.


Prema najboljim rezultatima korelacije (dani su primjeri na Slici 4.2.) metrika prema najrelevantnijim hidromorfološkim parametrima (1.2. Dnevne promjene u vodostaju za srednjih vodostaja, 1.4. Dani bez tekuće vode u koritu, 3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica i 3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela) i metrikama koje se koriste prema hrvatskim (interkalibracijskim) tipovima (Tablica 4.9.) odabrane su sljedeće metrike: SIHR, Broj porodica, Raznolikost (Margalef Indeks), *Average score per Taxon* (ASPT), Indeks biocenotičkog područja (IBR), Udio sakupljača/pobirača (*Gatherers/Collectors (scored taxa = 100%)*), r-dominacija, Broj svojiti Ephemeroptera,


Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia i Oligochaeta (EPTCBO), Udio predstavnika skupina EPT [%], Udio reda Diptera [%] te River fauna indeks (RF indeks) (Tablica 4.10.). Sve navedene metrike osim Saprobno indeksa služiti će izradi OEK-a, čija srednja vrijednost predstavlja modul Opće degradacije. OEK Saprobno indeksa činit će ujedno i modul Saprobnosti.

Hidromorfološke ocjene izrađene su u sklopu projekta „Sustavno ispitivanje hidromorfoloških elementa u rijekama u 2019. i 2020. godini“, pri čemu je utvrđena metodologija ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja na znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima (Tablica 4.8.).

Kako su u pojedinu grupu svrstani različiti interkalibracijski tipovi (Tablica 4.9.), odnosno tipovi prirodnih vodnih tijela, broj potencijalnih metrika za izračun OEK valjalo je reducirati. Odabrane su metrike s najboljom korelacijom (Prilog 15.), koje su dodatno testirane međusobno putem Spearmanovog testa korelacije da bi se uklonile redundantne metrike (one s međusobnom korelacijom  $R_s > 0,8$ ). Broj metrika u konačnici je za modul Opće degradacije sveden na tri ili četiri metrike pri čemu se nastojalo uključiti metrike koje obuhvaćaju više kategorija metrika (Hering i sur., 2006): abundancija (brojnost ili biomasa), bogatstvo i raznolikost zajednice, osjetljivost/tolerantnost pojedinih svojti i funkcionalne metrike.

**Tablica 4.8.** Primjer ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja na znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima.

Ocjena hidromorfološkog potencijala odsječka vodnog tijela CSRN0189_001 – Curak, D. Ložac						
	NAZIV		Curak, D. Ložac*			
	ŠIFRA MJERNE POSTAJE		30007			
	ŠIFRA VODNOG TIJELA		CSRN0189_001			
	TIP		7B - Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka (slivno područje 2-100 km <sup>2</sup> )			
		Odsječak		Vodno tijelo		
Hidromorfološko obilježje koje se ocjenjuje	Ocjena	Obrazloženje		Ocjena	Obrazloženje	
<b>1. Hidrološki režimi</b>	<b>2,00</b>			<b>2,00</b>		
1.1. Promjene u srednjem sezonskom protoku (ili vodostaju) unutar vodnog tijela	A	3	Srednji sezonski protok promijenjen 50 - 75% vremena	A	3	Srednji sezonski protok promijenjen 50 - 75% vremena
1.2. Dnevne promjene u vodostaju za srednjih vodostaja	A	2	Dnevne promjene su 10 – 20 cm	A	2	Dnevne promjene su 10 – 20 cm
1.4. Dani bez tekuće vode u koritu	A	1	Tekuća voda uvijek u koritu	A	1	Tekuća voda uvijek u koritu
<b>2. Uzdužna povezanost</b>	<b>3,00</b>			<b>3,00</b>		
2.1. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina	B	3	Hidrotehničke građevine imaju umjeren utjecaj na slobodnu migraciju vrsta	B	3	Hidrotehničke građevine imaju umjeren utjecaj na slobodnu migraciju vrsta
<b>3. Morfologija</b>	<b>1,13</b>			<b>1,00</b>		
3.1. Geometrija korita						
3.1.1. Tlocrtni oblik	A	1	< 25% dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom	A	1	< 25% dužine dionice s promijenjenim tlocrtnim oblikom

Ocjena hidromorfološkog potencijala odsječka vodnog tijela CSRN0189_001 – Curak, D. Ložac							
	NAZIV			Curak, D. Ložac*			
	ŠIFRA MJERNE POSTAJE			30007			
	ŠIFRA VODNOG TIJELA			CSRN0189_001			
	TIP			7B - Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka (slivno područje 2-100 km <sup>2</sup> )			
			Odsječak		Vodno tijelo		
3.1.2. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)	A	1	< 25% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita		A	1	< 25% dužine dionice s promijenjenim presjekom korita
<b>3.2. Podloge</b>							
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica	A	1	< 15% tvrdog umjetnog materijala		A	1	< 15% tvrdog umjetnog materijala
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istraživanom odsječku	B	1	Prirodno		B	1	Prirodno
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela	A	1	Obale pod utjecajem < 15% teških tvrdih materijala, ili < 55% mekih		A	1	Obale pod utjecajem < 15% teških tvrdih materijala, ili < 55% mekih
3.2.4. Promjene u nagibu obale	B	1	Nagib obala blago promijenjen		B	1	Nagib obala blago promijenjen
<b>3.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>							
3.3.4. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu unutar zadane buffer zone (10 m) na odsječku i vodnom tijelu	A	2	60 - 80% drvenaste vegetacije, ostalo čini zeljasta vegetacija. Nema prisutnosti umjetnih materijala (beton, asfalt, makadam, šljunak...)		A	1	> 80% drvenasta vegetacija, ostalo zeljasta vegetacija. Nema prisutnosti umjetnih materijala (beton, asfalt, makadam, šljunak...)
<b>3.4. Lateralno kretanje</b>							
3.4.2. Stupanj lateralnog kretanja riječnog korita	A	1	< 30% odsječka ograničeno		A	1	< 30% odsječka ograničeno
<b>ODSJEČAK REPREZENTATIVAN ZA HIDROMORFOLOŠKU OCJENU</b>	<b>DA</b>		<b>Istraživani odsječak je reprezentativan</b>				
<b>KATEGORIJA VODNOG TIJELA</b>	<b>PRIRODNO VODNO TIJELO</b>						

Odabir metrika za 3. grupu najznačajnije se razlikovao od metrika koje se koriste prema hrvatskim (interkalibracijskim) tipovima. To je posljedica činjenice da ova grupa obuhvaća znatno promijenjena vodna tijela koja su pritom i povremenog toka. Navedeno je za posljedicu imalo specifične zajednice, koje mogu tolerirati uvjete u takvim vodnim tijelima. Dio metrika koje se rabe za interkalibracijske tipove, odnosno prirodne tekućice, nisu pokazale korelaciju s hidromorfološkim varijablama. Zbog te bazične delikatnosti ove grupe, metrike smo reducirali i sveli na one koje su pokazale značajnu korelaciju, a koje i ukazuju na specifičnost tih vodnih tijela (Tablica 4.10.).

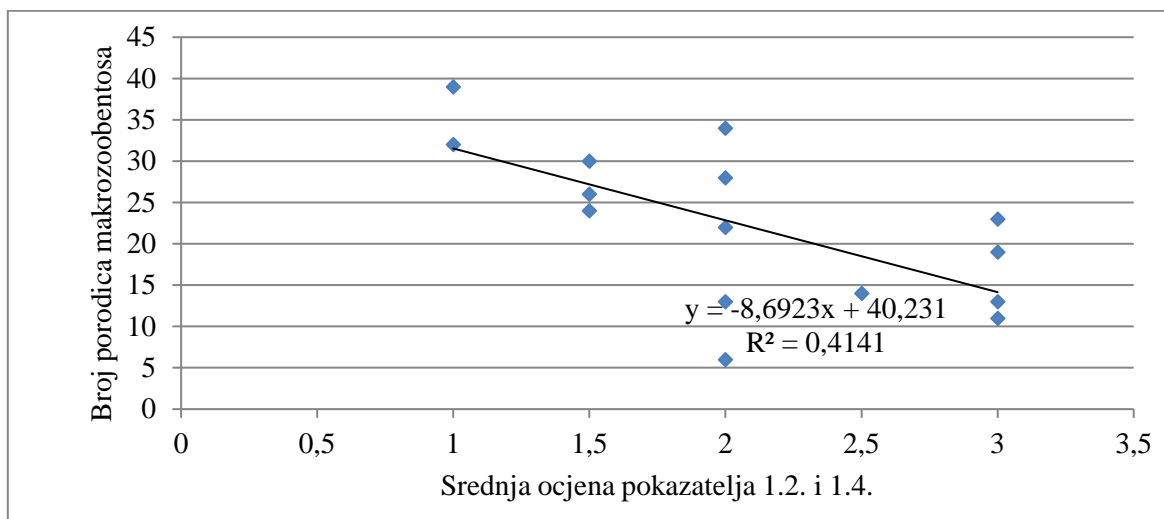
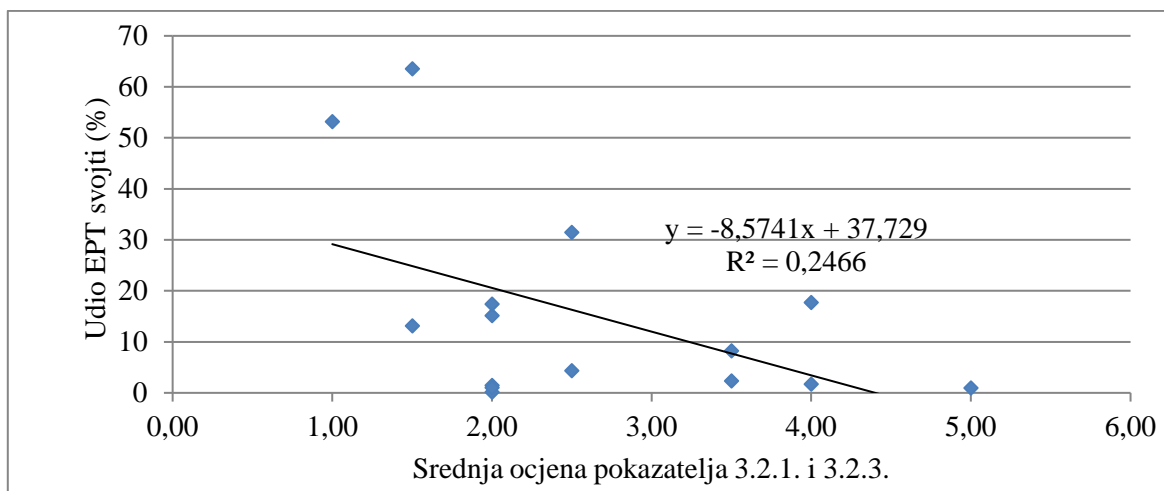
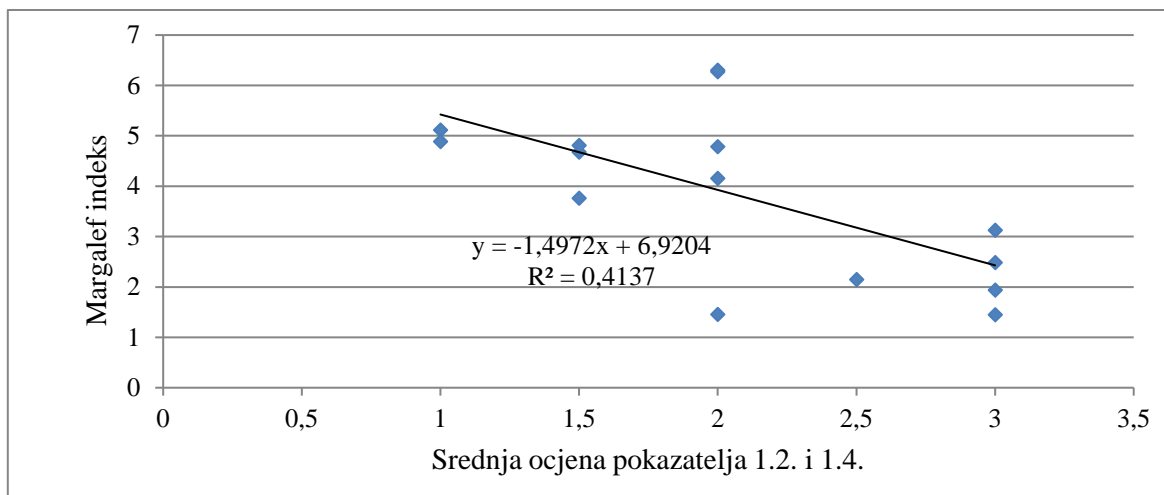
Osim korelacije s hidromorfološkim parametrima, putem linearne regresije za pojedine grupe (Slika 4.2.) i Spearmanovog koeficijenta korelacije (Prilog 15), izračunata je i korelacija Saprobnog indeks s fizikalno-kemijskim parametrima. Pokazalo se da je veza s o-fosfatima slaba, dok je s KPK snažnija (Slika 4.3.).

**Tablica 4.9.** Metrike koje se koriste prema pripadajućim hrvatskim (interkalibracijskim) tipovima prirodnih vodnih tijela.

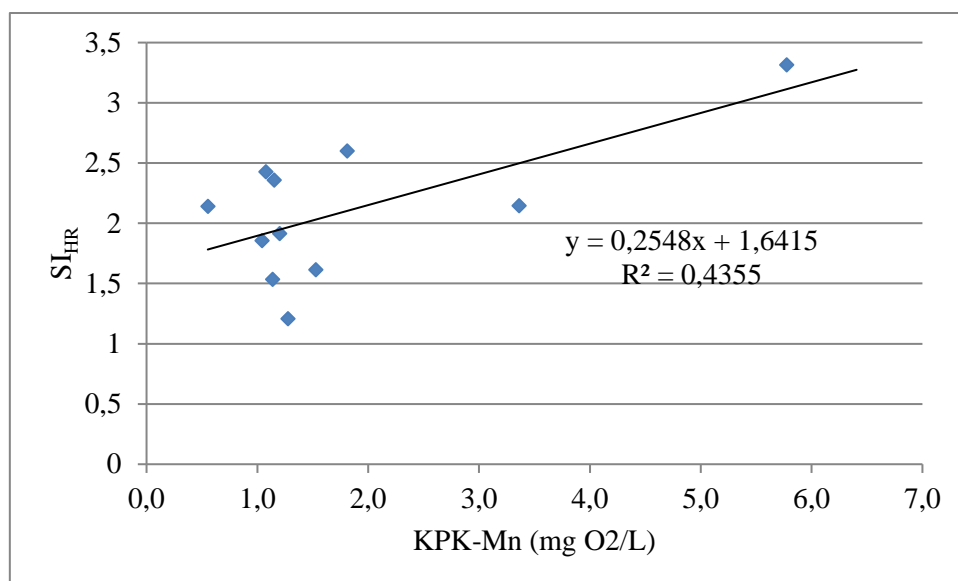
Grupa	IK tip	HR tip	Metrike
<b>1</b>	R-EX7	HR-R_6	Broj porodica, Udio predstavnika skupina EPT, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija, Margalef indeks, ASPT, Indeks biocenotičkog područja, EPT taxa, Shannon-Wiener indeks, RF indeks
	R-M1	HR-R_11	
		HR-R_17	
	R-M5	HR-R_16B	
		HR-R_10A	
<b>2</b>	R-EX8	HR-R_9	Udio predstavnika skupina EPT, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija, Margalef indeks, ASPT, RF indeks
	R-M2	HR-R_12	
		HR-R_13A	
		HR-R_18	
<b>3i</b>	R-EX8	HR-R_8	Broj porodica, Udio predstavnika skupina EPT, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija, Margalef indeks, ASPT, Indeks biocenotičkog područja, Broj svojti EPT, Shannon-Wiener Indeks, RF indeks
		HR-R_9	
	R-M2	HR-R_13	
		HR-R_18	
	R-M5	HR-R_16A	
		HR-R_19	
		HR-R_10A	
<b>4</b>	R-EX8	HR-R_9	Broj porodica, Udio predstavnika skupina EPT, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija, Raznolikost (Margalef indeks), ASPT, Indeks biocenotičkog područja, Broj svojti EPT, Shannon-Wiener indeks, RF indeks
	R-M1	HR-R_15A	
	R-M2	HR-R_12	
		HR-R_18	
	R-M5	HR-R_16A	

**Tablica 4.10.** Tablica odabranih metrika po pojedinoj grupi znatno promijenjenih/umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije. Tipovi ZPVT/UVT su navedeni u Tablici 4.5.

Grupa	Metrike
<b>1</b>	Broj porodica, Indeks biocenotičkog područja, Broj svojti EPTCBO, RF indeks
<b>2</b>	Udio predstavnika skupina EPT, Udio sakupljača/pobirača, Margalef indeks, ASPT
<b>3</b>	Udio reda Diptera, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija
<b>4</b>	Broj porodica, Udio sakupljača/pobirača, r-dominacija, RF indeks



**Slika 4.2.** Prikaz linearne regresije između srednjih ocjena hidromorfoloških pokazatelja (1.2. - dnevne promjene u vodostaju za srednjih vodostaja, 1.4. - dani bez tekuće vode u koritu, 3.2.1. – količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica i 3.2.3. - struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela) i dijela testiranih metrika makrozoobentosa za grupu 1 (tip HR-K\_7B).



**Slika 4.3.** Prikaz linearne regresije između srednje vrijednosti kemijske potrošnje kisika i Hrvatskog saprobnog indeksa (SI<sub>HR</sub>) za grupu 3 (tipovi HR-K\_10 i HR-K\_12)).

#### 4.1.3.1. Odabir referentnih postaja i izračunavanje omjera ekološke kakvoće za makrozoobentos

Za izračun omjera ekološke kakvoće (OEK), nužno je bilo postaviti uvjete za referentne postaje te izabrati referentne postaje. Referentni uvjeti obuhvaćali su određene raspone vrijednosti hidromorfoloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja te zemljišnog pokrova. Kemijski uvjeti predstavljaju pragove vrijednosti tvari koje odgovaraju referentnim uvjetima u interkalibracijskim tipovima za Mediteransku ekoregiju, a predstavljaju stanje bez ili s malim promjenama uslijed ljudske djelatnosti (Feio i sur., 2014).

Kemijski kriteriji za referentne postaje primjenjuju se na sve navedene tipove znatno promijenjenih kao i umjetnih vodnih tijela u ovom projektu, budući da odgovaraju interkalibracijskim tipovima za koje su korišteni (Miliša i sur., 2020) te dijele sljedeće granične vrijednosti (preuzeto i prilagođeno prema Feio, 2011):

- Amonij (mg N/l): < 0,09
- Nitrati (mg N/l): < 1,15
- Ortofosfati (mg P/l): < 0,06
- Ukupni fosfor (mg P/l): < 0,07

Navedeni pragovi koncentracija zajednički su za najbolje postaje u Mediteranskoj ekoregiji te ih dobro odvajaju od ostalih postaja (Feio i sur., 2014).

Hidromorfološki pokazatelji, kao i pokazatelji zemljišnog pokrova, razlikuju se prema rasponu vrijednosti između tipova ili skupina tipova, kako je prikazano u Tablici 4.11. Za grupu 3



razrađeni su zasebni kriteriji za ove pokazatelje za dva uključena tipa, zbog specifičnosti tipa HR-K\_10 (znatno promijenjene povremene tekućice s promijenjenom morfologijom).

Provedbom navedenih kriterija, ukupno 13 postaja raspodijeljenih unutar 4 grupe odgovaralo je uvjetima za referentnost (Tablica 4.12.; Slike 4.4.-4.7.).

Prema metrikama referentnih postaja, percentilom je izračunata referentna vrijednost, nužna za izračun OEK-a. Percentil je prilagođen gradijentu vrijednosti metrika referentnih postaja. Jednako nužna kao i referentna vrijednost je najlošija vrijednost, dobivena je kao minimum ili maksimum vrijednosti metrika svih postaja unutar grupe. Minimum se uzima ukoliko je vrijednost metrike proporcionalna sa stanjem zajednice, tj. što je viša vrijednost metrike, bolje je stanje zajednice. Maksimum se uzima u suprotnom od opisanog slučaja.

OEK se računa prema formuli:

$$OEK = \frac{\text{Vrijednost indeksa} - \text{najlošija vrijednost}}{\text{Referentna vrijednost} - \text{najlošija vrijednost}}$$

Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti, po svakoj metrici unutar pojedine grupe, prikazan je u Tablici 4.13.

**Tablica 4.11.** Prikaz pokazatelja hidromorfologije i zemljišnog pokrova te njihovih vrijednosti za referentne postaje po tipovima ZPVT i UVT.

Grupa	Tipovi ZPVT/UVT	Hidromorfološki pokazatelji	Zemljišni pokrov
1, 2	HR-K_7B HR-K_8A HR-K_8B HR-K_9B	Srednja ocjena parametara: 1.2. Dnevne promjene u vodostaju za srednjih vodostaja 1.4. Dani bez tekuće vode u koritu $\leq 2$	PRI_T (udio prirodnog i djelomično prirodnog područja) $> 60\%$
3	HR-K_10	1.1. Promjene u srednjem sezonskom protoku (ili vodostaju) unutar vodnog tijela $\leq 3$ 3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica $\leq 2$ 3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela $\leq 3$	PRI_T (udio prirodnog i djelomično prirodnog područja) $> 60\%$

Grupa	Tipovi ZPVT/UVT	Hidromorfološki pokazatelji	Zemljišni pokrov
3	HR-K_12	Hidrologija (srednja ocjena) $\leq 2,5$ 3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica $\leq 2$ 3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela $\leq 2$	PRI_T (udio prirodnog i djelomično prirodnog područja) $> 55\%$
4	HR-K_13A i HR-K_13B	1.4. Dani bez tekuće vode u koritu $\leq 3$	PRI_T (udio prirodnog i djelomično prirodnog područja) $> 60\%$

**Tablica 4.12.** Odabrane referentne postaje za razvoj klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala ZPVT i UVT Dinaridske ekoregije po grupama.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Šifra	Naziv
1	HR-K_7B	30006	Curak, nakon HE Munjara
	HR-K_7B	30007	Curak, D. Ložac
	HR-K_7B	40432	Vrba, Ojdanići
2	HR-K_8B	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera
	HR-K_8B	40449	Butižnica, prije ak. Golubić
	HR-K_9B	40413	Krka, Gradina
3	HR-K_10	40116	Zvizda, gornji tok
	HR-K_10	31021	Raša, most Potpićan
	HR-K_12	30056	Lika, Selište
	HR-K_12	16015	Kupa, nakon HE Ozalj
4	HR-K_13A	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu
	HR-K_13B	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša
	HR-K_13B	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša



**Slika 4.4.** Curak, nakon HE Munjara – jedna od referentnih postaja 1. grupe.



**Slika 4.5.** Mirna, Sovinjak-Minjera – jedna od referentnih postaja 2. grupe.



**Slika 4.6.** Lika, Selište – jedna od referentnih postaja 3. grupe.



**Slika 4.7.** Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu – jedna od referentnih postaja 4. grupe. Na ovoj postaji uzorkovanje je provedeno u suradnji s HEP-ovim djelatnicima te je privremeno zaustavljen rad hidroelektrane HE Golubić.

**Tablica 4.13.** Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti svake metrike po pojedinoj grupi za biološki element kakvoće makrozoobentos. Tipovi ZPVT/UVT u pojedinoj grupi navedeni su u Tablici 4.5.

a) Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti svake metrike za grupu 1.

1	Metrika	SIHR	Broj porodica	IBR	Broj svojti EPTCBO	RF indeks
	Referentna vrijednost	1,5	31,6	4,64	24	0,13
	Najlošija vrijednost	3,6	6	7,72	2	-0,03

b) Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti svake metrike za grupu 2.

2	Metrika	SIHR	Udio predstavnika skupina EPT	Udio sakupljača/pobirača	Margalef indeks	ASPT
	Referentna vrijednost	1,68	40,69	26,89	4,26	6,45
	Najlošija vrijednost	3,6	4,35	92,04	0,48	1,5

c) Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti svake metrike za grupu 3.

3	Metrika	SIHR	Udio reda Diptera	Udio sakupljača/pobirača	r-dominacija
	Referentna vrijednost	1,31	18,35	19,92	6,66
	Najlošija vrijednost	3,6	93,5	88,54	72,15

d) Izračun referentnih i najlošijih vrijednosti svake metrike za grupu 4.

4	Metrika	SIHR	Broj porodica	Udio sakupljača/pobirača	r-dominacija	RF indeks
	Referentna vrijednost	1,59	23	21,81	0,896	0,14
	Najlošija vrijednost	3,6	4	86,20	29,023	-0,22

Omjer ekološke kakvoće računa se za svaku skupinu prema odabranim metrikama (Tablica 4.13.) i prethodno navedenoj formuli. Za modul Opće degradacije, omjer ekološke kakvoće predstavlja srednju vrijednost metrika (Tablica 4.14.) navedenih u Tablici 4.13.

**Tablica 4.14.** Formule za izračunavanje OEK-a Opće degradacije prema biološkom elementu kakvoće makrozoobentos za grupe tipova ZPVT/UVT Dinaridske ekoregije. Br. Por – broj porodica makrozoobentosa, IBR – indeks biocenotičkog područja, EPTCBO – broj svojiti u skupinama Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia i Odonata, RFI – river fauna indeks; %EPT- udio jedinki skupina Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera u ukupnom makrozoobentosu; S/P – udio funkcionalnih skupina sakupljača i pobirača u ukupnom makrozoobentosu; Mi – Margalefov indeks; ASPT – *Average Score Per taxon*; %Dip – udio jedinki skupine Diptera u ukupnom makrozoobentosu; r-dom – udio jedinki r-strategije u ukupnom makrozoobentosu.

Grupe ZPVT/UVT	OEK Opće degradacije
1	$OEK = \frac{OEK (Br. por.) + OEK(IBR) + OEK(EPTCBO) + OEK(RFI)}{4}$
2	$OEK = \frac{OEK (\%EPT) + OEK(S/P) + OEK(Mi) + OEK(ASPT)}{4}$
3	$OEK = \frac{OEK (\% Dip) + OEK(S/P) + OEK(r - dom)}{3}$
4	$OEK = \frac{OEK (Br. por.) + OEK(S/P) + OEK(r - dom) + OEK(RFI)}{4}$

#### 4.1.3.2. Utvrđivanje graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala

Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala slijedile su granice klasa za prirodne tekućice. Spomenute granice kategorija slijedile su jedinstvenu skalu vrijednosti (Tablica 4.15.). U kontekstu znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, kategorije dobrog i vrlo dobrog stanja za prirodne tekućice ovdje su jedna kategorija – dobar i bolji. Navedene granice u skladu su s Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/2019), odnosno CIS Vodičem br. 37, koji predlaže jednake raspone granica klasa.

**Tablica 4.15.** Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala ZPVT/UVT za makrozoobentos.

OEK	Kategorija ekološkog potencijala
$\geq 0,60$	Dobar i bolji
0,40- 0,59	Umjeren
0,20 – 0,39	Loš
$< 0,20$	Vrlo loš

#### 4.1.3.3. Korelacija omjera ekološke kakvoće i detektiranih pritisaka

Izbor metrika za modul Opće degradacije temeljio se na kombiniranom pristupu pri čemu su se razmatrale metrike koje su uključene u ocjenu ekološkog stanja prirodnih vodnih tijela, nakon čega su provedeni testovi korelacije metrika s hidromorfološkim ocjenama, relevantnim za pojedni tip, odnosno grupu. Sumarno su izračunate korelacije za ocjene hidromorfološkog potencijala i OEK tog modula. Modul Opće degradacije pokazao je mahom negativne korelacije s ocjenama hidromorfološkog potencijala, što pokazuje vjerojatan odgovor na hidromorfološke promjene (Tablica 4.16.). Statistička značajnost, odnosno jasan odgovor zabilježen je između vrijednosti OEK-a i hidromorfoloških pokazatelja morfologije. Poglavitito se ističe snažna negativna korelacija s parametrima 3.2.2. Prirodnost sedimenta i 3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale (Tablica 4.16.). Ovakvi rezultati ukazuju na veliki značaj podloge za makrofaunu bentosa te potencijalno ukazuje i na odgovarajuće mjere ublažavanja. Zanimljivo je da uzdužna povezanost, pri testiranju korelacije za sve postaje, nije pokazala značajan utjecaj. Kod hidroloških pokazatelja zabilježena je nešto izraženija, ali ne i statistički značajna, negativna korelacija s pokazateljem 1.4. Dani bez tekuće vode u koritu.



**Tablica 4.16.** Spearmanov koeficijent korelacije između OEK modula Opće degradacije za BEK makrozoobentos i ocjena hidromorfološkog potencijala. Podebljane i crvene vrijednosti su statistički značajne.

Hidromorfološki pokazatelj	Rs	p-vrijednost
1.1. Promjene u srednjem sezonskom protoku (ili vodostaju) unutar vodnog tijela	-0,136	0,498
1.2. Dnevne promjene u vodostaju za srednjih vodostaja	-0,116	0,527
1.4. Dani bez tekuće vode u koritu	-0,301	0,079
2.1. Uzdužna povezanost vodnog tijela pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije biote	0,130	0,379
3.1.1. Promjena tlocrtnog oblika vodnog tijela	<b>-0,312</b>	<b>0,050</b>
3.1.2. Poprečni presjek korita na vodnom tijelu	<b>-0,475</b>	<b>0,002</b>
3.2.1. Količina umjetnih tvrdih materijala ispod razine vodnog lica	<b>-0,428</b>	<b>0,006</b>
3.2.2. Prirodnost sedimenta na istraživanom odsječku	<b>-0,487</b>	<b>0,001</b>
3.2.3. Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale odsječka i vodnog tijela	<b>-0,540</b>	<b>0,000</b>
3.2.4. Promjene u nagibu obale	-0,224	0,135
3.3.4. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu unutar zadane buffer zone (10 m) na odsječku i vodnom tijelu	<b>-0,285</b>	<b>0,047</b>
3.4.2. Lateralno kretanje tekućice na odsječku i vodnom tijelu	<b>-0,481</b>	<b>0,002</b>
Hidrologija (ukupna ocjena)	-0,220	0,145
Uzdužna povezanost (ukupna ocjena)	0,130	0,379
Morfologija (ukupna ocjena)	<b>-0,410</b>	<b>0,003</b>

Za testirane fizikalno-kemijske parametre i modula Saprobnosti zabilježeno su očekivano negativne korelacije (Tablica 4.17.), koje ukazuju na odgovor zajednice na parametre eutrofikacije. Statistički značajne korelacije zabilježene su za KPK i modul Saprobnosti, što ukazuje da je makrozoobentos pokazao najbolji odgovor na gradijent količine organske tvari te za temperaturu vode i modul Saprobnosti, što je očekivan odgovor, budući da tekućice u gornjim, hladnijim dijelovima toka, imaju i manje količine organske tvari. Općenito su vrijednosti hranjivih soli, odnosno soli dušika i fosfora bile relativno niske na znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije koje su istraživane u ovom projektu, uz iznimke pojedinih vodnih tijela (primjerice Obuhvatni kanal Krapanj Podlabin, na obje postaje).

**Tablica 4.17.** Spearmanov koeficijent korelacije između modula Saprobnosti za BEK makrozoobentos i fizikalno-kemijskih parametara vode. Podebljane i crvene vrijednosti su statistički značajne.

Parametar	Rs	p-vrijednost
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>-0,459</b>	<b>0,001</b>
<b>Otopljeni kisik (mg/L)</b>	0,250	0,100
<b>pH</b>	0,250	0,091
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	-0,131	0,386
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	-0,184	0,222
<b>P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	-0,192	0,202
<b>P-ukupni (mg/L)</b>	-0,167	0,353
<b>BPK<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	-0,219	0,158
<b>KPK-Mn (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>-0,493</b>	<b>&lt;0,001</b>

Korelacije su testirane i za parametre uporabe okolnog područja, u vidu udjela poljoprivrednog zemljišta te urbanih i umjetnih područja s oba modula (Saprobnost i Opća degradacija). Nisu zabilježene statistički značajne korelacije (Tablica 4.18.). Valja istaknuti da je u slivovima istraživanih vodnih tijela u prosjeku 14,1% zemljišta pod ekstenzivnom, a samo 8,1% zemljišta pod intenzivnom poljoprivredom. Prevladavaju prirodna područja s prosjekom od 74,2%, a urbana i umjetna pokrivaju svega 3,7%. Ovime se može objasniti ranije spomenute relativno niske koncentracije hranjivih soli u istraživanim znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima. Dodatno, krška podloga, svojstvena ovoj ekoregiji, djeluje balansirajuće na same fizikalno-kemijske elemente. Zbog propusnosti podloge, dio otopljene organske tvari te hranjivih soli prodire u podzemne vode te do pročišćavanja dolazi u podzemlju. Shodno tome je većina izmjerenih fizikalno-kemijskih elemenata zadržavala niže vrijednosti, unatoč promijenjenosti staništa, pregrađivanjima ili promjenama u brzini strujanja, koje mogu djelovati i na fizikalno-kemijske parametre.

**Tablica 4.18.** Spearmanov koeficijent korelacije između modula Saprobnosti i modula Opće degradacije za BEK makrozoobentos i parametara okolnog područja. Nema statistički značajnih korelacija.

	Parametar	Rs	p-vrijednost
<b>Modul Saprobnosti</b>	POE_T ekstenzivna poljoprivreda (%)	-0,013	0,931
	POI_T intenzivna poljoprivreda (%)	-0,022	0,882
	PRI_T prirodna i djelomično prirodna područja (%)	0,007	0,960
	URB_T urbana i umjetna područja (%)	0,270	0,069
<b>Modul Opće degradacije</b>	POE_T ekstenzivna poljoprivreda (%)	0,066	0,654
	POI_T intenzivna poljoprivreda (%)	0,020	0,888



Parametar	R <sub>s</sub>	p-vrijednost
PRI_T prirodna i djelomično prirodna područja (%)	0,002	0,991
URB_T urbana i umjetna područja (%)	0,017	0,905

#### 4.1.3.4. Tipske zajednice i opis bioloških zajednica u dobrom i boljem i umjerenom potencijalu

##### Opis bioloških zajednica dobrog i boljeg potencijala

Zajednice znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela dobrog i boljeg ekološkog potencijala odlikuju su se velikom raznolikošću, iskazanom kroz indekse raznolikosti (uglavnom Margalefov indeks) te broj porodica. Relativno je visoka zastupljenost i brojnost EPT svojiti, osjetljivih na degradaciju i zagađenje. Također, u grupama u kojima se promatraju, udio r- vrsta kao i udio pobirača/sakupljača zadržavaju relativno niske vrijednosti. Udio pobirača/sakupljača proporcionalan je količini detritusa, čija koncentracija raste sa smanjenjem protoka uslijed npr. izgradnje brana ili pregrađivanja tekućica.

##### Grupa 1

U 1. grupu pripadaju tipovi HR-K\_7A (Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom) i HR-K\_7B (Male znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka). Premda u ovom projektu nije bilo vodnih tijela tipa HR-K\_7A, očekuju se ovakve zajednice makrozoobentosa u tom tipu ZPVT/UVT. Unutar tipa HR-K\_7B, 10 postaja pripada kategoriji dobrog i boljeg potencijala (Tablica 4.19.). Zajednice ovih postaja odlikuju se velikim brojem porodica (Broj porodica ~ 30). Broj svojiti EPTCBO (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia i Odonata) doseže vrijednost oko 20. Ovo ukazuje na povoljne uvjete na tim vodnim tijelima s obzirom na fizikalno-kemijske uvjete i odgovarajuće stanište. Svojite iz skupina Ephemeroptera i Plecoptera su posebno osjetljive na promjene u temperaturnim uvjetima (Allan i Castillo, 2007.). Karakteristične svojite Ephemeroptera su vrste roda *Baetis* te *Serratella ignita*, veliku brojnost dosežu svojite iz skupine Diptera roda *Simulium*, koji je prilagođen na lotičke uvjete te svojite iz potporodice Orthocladiinae (Chironomidae). Karakteristične su i vrste roda *Gammarus* (Amphipoda) te školjkaši roda *Pisidium*.

**Tablica 4.19.** Postaje dobrog i boljeg potencijala unutar 1. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
1	30006	Curak, nakon HE Munjara	0,97	1,19	0,97	Dobar i bolji
	30007	Curak, D. Ložac	0,87	0,92	0,87	Dobar i bolji
	40432	Vrba, Ojdanići	1,01	0,73	0,73	Dobar i bolji

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
	30078	Dubračina, Tribalj - Ričina	0,83	0,65	0,65	Dobar i bolji
	31033	Odvodno preljeveni kanal Botonege, Senjska vala	0,67	0,65	0,65	Dobar i bolji
	30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	0,75	0,68	0,68	Dobar i bolji
	40430	Orašnica, prije utoka u Krku	0,84	0,76	0,76	Dobar i bolji
	40431	Orašnica, Kninsko polje	0,96	0,63	0,63	Dobar i bolji
	31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	0,70	0,63	0,63	Dobar i bolji
	31008	Mufrin, Valenti	0,77	0,62	0,62	Dobar i bolji

## Grupa 2

Ova grupa obuhvaća tipove HR-K\_8A Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom, HR-K\_8B Srednje velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka, HR-K\_9A Velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i HR-K\_9B Velike znatno promijenjene tekućice s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka. U ovom projektu niti jedno vodno tijelo nije pripadalo u tip HR-K\_9A. Unutar 2. grupe znatno promijenjenih vodnih tijela, 8 postaja pripada kategoriji dobrog i boljeg potencijala (Tablica 4.20.). Zajednice ovih postaja variraju po pitanju raznolikosti ( $5 < \text{Margalefov indeks} > 2.4$ ), kao i po zastupljenosti svojiti iz skupina Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera, koje čine udio od minimalno 18 % do preko 40 % u čitavoj zajednici nekih postaja. Uz osjetljive svojite, značajan udio zauzimaju i one oportunističke, kao što su svojite iz reda Diptera (posebice svojite iz porodice Chironomidae i Simuliidae) te svojite iz reda Oligochaeta. Karakteristične svojite iz skupine Ephemeroptera su rod *Baetis*, odnosno porodica Baetidae, ličinke svojiti iz skupine Coleoptera roda *Esolus* te svojite iz skupine Gammaridae.

**Tablica 4.20.** Postaje dobrog i boljeg potencijala unutar 2. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
2	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	0,78	0,89	0,78	Dobar i bolji
	40449	Butižnica, prije ak. Golubić	1,00	0,97	0,97	Dobar i bolji
	31010	Mirna, Portonski most	0,88	0,91	0,88	Dobar i bolji

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
	31011	Mirna, Kamenita vrata	0,72	0,83	0,72	Dobar i bolji
	40454	Butižnica, Bulin most	1,05	0,87	0,87	Dobar i bolji
	40453	Butižnica, HE Golubić	1,08	0,67	0,67	Dobar i bolji
	31024	Raša, most Mutvica	0,63	0,83	0,63	Dobar i bolji
	30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	1,13	0,60	0,60	Dobar i bolji

### Grupa 3

Ova grupa obuhvaća tipove HR-K\_10 Znatno promijenjene povremene tekućice s promijenjenom morfologijom, HR-K\_11 Znatno promijenjeni bujični tokovi s promijenjenom morfologijom i HR-K\_12 Znatno promijenjene tekućice s velikim promjenama protoka. Kao što je ranije navedeno, tip HR-K\_11 nije se mogao uzorkovati jer su postaje veći dio godine suhe. Unutar 3. grupe znatno promijenjenih povremenih tekućica, 7 postaja pripada kategoriji dobrog i boljeg potencijala (Tablica 4.21.). Ovih 7 postaja značajno se međusobno razlikuju s obzirom na vrijednosti promatranih metrika. Međutim, zajednicama ovih postaja uglavnom dominiraju rakovi svojta iz redova Amphipoda i Isopoda. Same karakteristike ovih znatno promijenjenih vodnih tijela (povremeni protok i znatne promjene u protoku) su takve da podržavaju samo faunu koja se može prilagoditi na takve abiotičke uvjete. Rakušci (Amphipoda) su vrlo pokretni rakovi, koji se mogu zadržavati i u intersticiju te na taj način preživjeti stresne hidrološke uvjete. Također mogu koristiti različite izvore hrane te nisu nužno usitnjivači, već se mogu hraniti i fino usitnjenim detritusom (Allan i Castillo, 2007., Moog, 1995.). Od tolerantnih svojti najbrojnije su svojte iz skupina Diptera (porodica Chironomidae) i Oligochaeta. U ovoj grupi mogu se očekivati brojne populacije roda *Baetis* (Ephemeroptera), svojta iz potporodice Chironomini i Orthoclaadiinae (Chironomidae) te Gammaridae (Amphipoda).

**Tablica 4.21.** Postaje dobrog i boljeg potencijala unutar 3. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
3	40116	Zvizda, gornji tok	1,04	1,06	1,04	Dobar i bolji
	30056	Lika, Selište	0,90	0,88	0,88	Dobar i bolji
	16015	Kupa, nakon HE Ozalj	0,64	0,85	0,64	Dobar i bolji
	31027	Krbunski potok	0,74	0,93	0,74	Dobar i bolji
	31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu*	-	1,09	1,09	Dobar i bolji
	40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	0,76	0,81	0,76	Dobar i bolji

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
	31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	0,63	0,71	0,63	Dobar i bolji

\* Fauna makrozoobentosa sadrži eurihaline svojte te se ekološki potencijal ovog vodnog tijela mora razmatrati u tom kontekstu.

#### Grupa 4

Grupa 4 obuhvaća tipove umjetnih tekućica HR-K\_13A Umjetne tekućice s velikim dnevnim promjenama protoka i HR-K\_13B Umjetne tekućice s velikim sezonskim promjenama protoka. Pet postaja pripadaju dobrom i boljem potencijalu (Tablica 4.22.). Ovih pet postaja odlikuju se umjereno velikim brojem porodica ( $6 < \text{Broj porodica} > 25$ ), naročito za umjetna vodna tijela. Udio r-vrsta vrlo je malen za četiri postaje ( $r$  – dominacija  $> 5$ ), dok na postaji Vrbica iznosi 29. Također je umjeren i udio sakupljača/pobirača te ne prelazi 33 %, čime ukazuje na umjeren udio detritusa, što može ukazivati na normalnu brzinu protoka. Zajednicama ovih postaja dominiraju rakovi, posebice svojte iz reda Amphipoda te ličinke svojta iz reda Diptera. Brojne populacije imaju rodovi iz skupine Amphipoda: *Gammarus* i *Echinogammarus*.

**Tablica 4.22.** Postaje dobrog i boljeg potencijala unutar 4. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
4	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	1,05	0,99	0,99	Dobar i bolji
	40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	1,13	0,83	0,83	Dobar i bolji
	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša*	-	0,83	0,83	Dobar i bolji
	40309	Vrbica	0,66	0,63	0,63	Dobar i bolji
	30057	Gusić, prije ak. Gusić	1,20	0,78	0,78	Dobar i bolji

\* Fauna makrozoobentosa sadrži eurihaline svojte te se ekološki potencijal ovog vodnog tijela mora razmatrati u tom kontekstu.

#### Opis bioloških zajednica umjerenog potencijala

Zajednice znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela umjerenog potencijala poglavito su se bazirale na oportunističkim svojtama, tolerantnijim na zagađenje i hidromorfološku degradaciju, uglavnom svedenim na sljedeće redove: Diptera (s najbrojnijom porodicom Chironomidae), Oligochaeta te Amphipoda.

### Grupa 1

Unutar 1. grupe znatno promijenjenih vodnih tijela, 3 postaje pripadaju kategoriji umjerenog potencijala (Tablica 4.23.). Odlikuju se relativno niskim brojem porodica (15). Raznolikost svojiti ovih postaja uglavnom se ne temelji na indikatorskim osjetljivim EPT vrstama, već na onim tolerantnijim kao što su Diptera (porodica Chironomidae), Oligochaeta, Coleoptera te Amphipoda. Brojne populacije mogu imati svojite iz plemena Chironomini i Tanytarsini (Chironomidae) te rodovi *Limnodrilus* i *Nais* iz skupine Oligochaeta.

**Tablica 4.23.** Postaje umjerenog potencijala unutar 1. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
1	30069	Ličanka, Fužine	0,62	0,50	0,50	Umjeren
	30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	0,61	0,46	0,46	Umjeren
	31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,54	0,42	0,42	Umjeren

### Grupa 2

Unutar 2. grupe znatno promijenjenih vodnih tijela, nema postaja koje pripadaju kategoriji umjerenog potencijala.

### Grupa 3

Unutar 3. grupe znatno promijenjenih i umjetnih tekućica, 4 postaje pripadaju kategoriji umjerenog potencijala (Tablica 4.24.). Ove 4 postaje prilično variraju po pitanju udjela r- vrsta (14 - 40) i sakupljača/pobirača (16 - 81). U zajednicama svih postaja stabilno su prisutne svojite iz reda Diptera (porodica Chironomidae) s minimalno 36 %, dok su kod većine postaja brojne i svojite iz drugih oportunističkih skupina kao što su Oligochaeta, Amphipoda, Isopoda te Gastropoda. Brojne populacije mogu imati svojite iz porodice Chironomidae: svojite iz plemena Chironomini i Tanytarsini te potporodice Orthoclaadiinae.

**Tablica 4.24.** Postaje umjerenog potencijala unutar 3. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
3	31021	Raša, most Potpićan	0,44	0,89	0,44	Umjeren
	40100	Cetina, kod Zakučca	0,51	0,49	0,49	Umjeren
	31028	Vlaški potok (Posert)	0,54	0,71	0,54	Umjeren
	30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	0,87	0,54	0,54	Umjeren

#### Grupa 4

Unutar 4. grupe umjetnih vodnih tijela, 4 postaje pripadaju kategoriji umjerenog potencijala (Tablica 4.25.). Broj porodica vrlo varira među postajama (4-27), kao i udio r- vrsta (5-12) te udio sakupljača/pobirača (22-86). Zajednicama ovih postaja dominiraju oportunističke i tolerantne svojte sljedećih redova: Diptera (porodica Chironomidae), Oligochaeta, Gastropoda te Amphipoda. Brojne populacije mogu imati svojte skupina iz potporodice Chironomidae: Tanytarsini, Chironomini i Tanypodinae. Također su brojne populacije pojedinih svojti porodice Gammaridae.

**Tablica 4.25.** Postaje umjerenog potencijala unutar 4. grupe prema OEK za makrozoobentos.

Grupa	Šifra mjerne postaje	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	OEK Modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
4	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,53	0,83	0,53	Umjeren
	30065	Gusić, Otočac	1,20	0,45	0,45	Umjeren
	31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,55	0,47	0,47	Umjeren
	31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	0,56	0,73	0,56	Umjeren

#### 4.1.3.5. Vrijednosti maksimalnog ekološkog potencijala i najlošije vrijednosti pokazatelja ekološkog potencijala temeljem BEK-a makrozoobentos

Postupak računanja ekološkog potencijala opisan je u idućem poglavlju. Njime dobivamo uvid u njegove maksimalne, ali i najlošije vrijednosti unutar razmatranih grupa, ali i u ukupnoj bazi podataka svih postaja (Tablice 4.26. i 4.27.; Slike 4.8. i 4.9.).

**Tablica 4.26.** Postaje s maksimalnim i minimalnim vrijednostima ekološkog potencijala na osnovu makrozoobentosa po pojedinim grupama.

Grupa	Šifra	Postaja	OEK	Ocjena ekološkog potencijala
1	30006	Curak, nakon HE Munjara	0,97	Maksimalan
	30007	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,20	Loš
2	40449	Butižnica, prije ak. Golubić	0,97	Maksimalan
	31078	Boljunčica, r. Letaj	0,02	Vrlo loš
3	40116	Zvizda, gornji tok	1,04	Maksimalan
	31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	0,08	Vrlo loš



Grupa	Šifra	Postaja	OEK	Ocjena ekološkog potencijala
4	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	0,99	Maksimalan
	30065	Gusić, Otočac	0,45	Umjeren

**Tablica 4.27.** Postaje s maksimalnim i minimalnim vrijednostima OEK na osnovu makrozoobentosa u ukupnoj bazi podataka svih postaja.

Grupa	Šifra	Postaja	OEK	Ocjena ekološkog potencijala
3	40116	Zvizda, gornji tok	1,04	Maksimalan
2	31078	Boljunčica, r. Letaj	0,02	Vrlo loš



**Slika 4.8.** Zvizda, gornji tok, primjer postaje s maksimalnom vrijednošću ekološkog potencijala.



**Slika 4.9.** Boljunčica, r. Letaj, primjer postaje s minimalnom vrijednošću ekološkog potencijala.

#### 4.1.3.6. Ekološki potencijal ZPVT/UVT Dinaridske ekoregije prema makrozoobentosu

Ekološki potencijal, kao i kod prirodnih tekućica, razmatran je kroz dva modula: Saprobnosti i Opće degradacije. Modul saprobnosti zapravo je omjer ekološke kakvoće (OEK) Saprobnog indeksa, izračunatog po prilagođenoj formuli (Slika 4.10.). Izračunat je za svaku postaju, čije svojte imaju indikatorsku vrijednost (Tablica 4.28.).

Modul Opće degradacije izračunat je kao srednja vrijednost OEK-a metrika navedenih u Tablici 4.13. prema tablici 4.14. za svaku postaju (Tablica 4.29.).

Za konačnu vrijednost ekološkog potencijala uzima se niža vrijednost od dvaju opisanih modula (Tablica 4.29.).

Hrvatski saprobni indeks ( $SI_{HR}$ ) je prilagođeni saprobni indeks prema Pantle-Buck-u (1955.):

$$SI_{HR} = \frac{\sum SIu_i}{\sum u_i}$$

gdje je:

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

SI = indikatorska vrijednost pojedine vrste

$u_i$  = broj jedinki preračunat na 1 m<sup>2</sup>

**Slika 4.10.** Formula za izračun Hrvatskog saprobnog indeksa.

Prema modulu Saprobnosti (Tablica 4.28.), analizirana vodna tijela većinom su imala dobar i bolji ekološki potencijal (35 vodnih tijela), što ukazuje na uglavnom niže koncentracije hranjivih soli u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije. Navedeno je posljedica većinski prirodnog zemljišnog pokrova u slivu navedenih vodnih tijela te učinka krške podloge, kao što je već navedeno. Devet analiziranih vodnih tijela imalo je umjeren ekološki potencijal prema modulu Saprobnosti, jedno loš, a dva vrlo loš. Valja napomenuti da se za dvije postaje nije mogao izračunati Hrvatski saprobni indeks: Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu i Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša. Na obje postaje zabilježena je visoka električna vodljivost, koja indicira bočate uvjete. Na postaji Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu srednja električna vodljivost bila je 14942  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (raspon 4247-34508  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), a na postaji Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša 8922  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (raspon 876-36442  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ove vrijednosti prati i visoka koncentracija klorida (srednje vrijednosti 4652 i 3549 mg/L). Prema rasponu električne vodljivosti vidljivo je da na ovim vodnim tijelima dolazi do promjene uvjeta saliniteta. Znatna zastupljenost eurihalinih Amphipoda (Tanaidacea) i Isopoda (*Sphaeroma serratum*), karakterističnih za bočate vode (Charmantier i Charmantier-Daures, 1994), potvrđuje da se ovdje radi o navedenim uvjetima. Za ove dvije postaje predlaže se da ih se prebaci u kategoriju prijelaznih voda. Prema rezultatima projekta „Monitoring fizikalno-kemijskih pokazatelja i iona u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima tekućica



Dinaridske ekoregije“ (NZJZ Primorsko-Goranske županije, 2019.) bočata voda se javlja i na postaji Raša, most Raša (srednja električna vodljivost bila je 4955  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu (9034  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) i Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin (1398  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Tablica 4.28.** Vrijednosti OEK modula Saprobnosti za BEK makrozoobentos svake postaje po grupama.

Grupa	Šifra	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	Ocjena ekološkog potencijala
1	30006	Curak, nakon HE Munjara	0,97	Dobar i bolji
	30007	Curak, D. Ložac	0,87	Dobar i bolji
	40432	Vrba, Ojdanići	1,01	Dobar i bolji
	30069	Ličanka, Fužine	0,62	Dobar i bolji
	30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	0,57	Umjeren
	31033	Ovodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,67	Dobar i bolji
	30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	0,61	Dobar i bolji
	30078	Dubračina, Tribalj – Ričina	0,83	Dobar i bolji
	31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,54	Umjeren
	31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,20	Loš
	30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	0,75	Dobar i bolji
	40430	Orašnica, prije utoka u Krku	0,84	Dobar i bolji
	40431	Orašnica, Kninsko polje	0,96	Dobar i bolji
	31031	Kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	0,69	Dobar i bolji
	31008	Mufrin, Valenti	0,77	Dobar i bolji
2	40413	Krka, Gradina	1,16	Dobar i bolji
	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	0,78	Dobar i bolji
	40449	Butižnica, prije ak. Golubić	1,00	Dobar i bolji
	30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	1,13	Dobar i bolji
	31007	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	0,54	Umjeren
	31078	Boljunčica, r. Letaj	0,02	Vrlo loš
	31026	Raša, Most Raša	0,61	Dobar i bolji
	31024	Raša, most Mutvica	0,63	Dobar i bolji
	31010	Mirna, Portonski most	0,88	Dobar i bolji
	31011	Mirna, Kamenita vrata	0,72	Dobar i bolji
	40453	Butižnica, HE Golubić	1,08	Dobar i bolji
	40454	Butižnica, Bulin most	1,05	Dobar i bolji
3	40116	Zvizda, gornji tok	1,04	Dobar i bolji
	31021	Raša, most Potpićan	0,44	Umjeren
	30056	Lika, Selište	0,89	Dobar i bolji
	16015	Kupa, nakon HE Ozalj	0,64	Dobar i bolji
	31027	Krbunski potok	0,73	Dobar i bolji
	31028	Vlaški potok (Posert)	0,54	Umjeren
	31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu*		
	31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	0,63	Dobar i bolji
	30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	0,86	Dobar i bolji

Grupa	Šifra	Postaja	OEK Modul Saprobnosti	Ocjena ekološkog potencijala
	31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	0,12	Vrlo loš
	40100	Cetina, kod Zakučca	0,51	Umjeren
	40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	0,76	Dobar i bolji
	30059	Rječina, HE Rijeka	0,64	Dobar i bolji
4	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	1,05	Dobar i bolji
	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša *		
	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,53	Umjeren
	30065	Gusić, Otočac	1,19	Dobar i bolji
	30057	Gusić, prije ak. Gusić	1,19	Dobar i bolji
	40309	Vrbica	0,66	Dobar i bolji
	31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,55	Umjeren
	40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	1,12	Dobar i bolji
	31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	0,56	Umjeren

\* Postajama nije bilo moguće izračunati Modul Saprobnosti uslijed toga što njihovih svojti nema na Operativnoj listi saprobnih vrijednosti. Fauna makrozoobentosa sadrži eurihaline svojte te se ekološki potencijal ovog vodnog tijela mora razmatrati u tom kontekstu.

Modul Opće degradacije (Tablica 4.29.) pokazuje sličan ekološki potencijal u odnosu na Modul Saprobnosti; 35 vodnih tijela odgovara dobrom i boljem ekološkom potencijalu, 8 vodnih tijela umjerenom, četiri lošem, a dva vrlo lošem. U nekim analiziranim vodnim tijela promjene hidromorfologije predstavljaju značajniji pritisak na makrozoobentos te u tom smjeru valja razmisliti i o mjerama ublažavanja, koje mogu dati zadovoljavajući odgovor. Kako makrozoobentos pokazuje korelaciju s ocjenama morfologije, treba razmisliti o promjenama u sastavu supstrat, u smislu vraćanja prirodne heterogenosti podloge te izbjegavati tehnolital tj. betoniranje podloge.

Posebno su razmotrene posebnosti površinskih vodnih tijela tekućica na kojima su izgrađene elektrane HEP Proizvodnje d.o.o. koje zbog svoje namjene imaju određenje hidromorfološke specifičnosti, a koje utječu na BEK makrozoobentos.

Postaje Ličanka, ispod CHE Fužine ima relativno nizak OEK (Tablica 4.28.), budući da je na ovoj postaji zabilježena vrlo siromašna zajednica od svega 9 svojti s niskom brojnošću. Ovakva ocjena je u skladu s hidromorfološkim promjenama, a koje pokazuje ocjena morfološkog potencijala, koji je ocijenjen lošim. Poprečni presjek i obale su u potpunosti promijenjene, pod snažnim utjecajem tvrdih materijala. Sama postaja je u spojnom kanalu između CHE Fužine i akumulacije Bajer, a prema potrebi kroz njega teku pomiješane vode akumulacija Bajer i Lokvarke te nekoliko tokova. Voda u ovom kanalu teče u oba smjera, povremeno je velike brzine, a moguć je i temperaturni stres (HEP Proizvodnja d.o.o., 2021.). Navedeni uvjeti onemogućavaju razvoj stabilne zajednice te se predlaže ne uzimati u obzir ocjenu makrozoobentosa pri ocjeni ekološkog potencijala u ovom izvještaju. Kako je makrozoobentos

ipak zabilježen, predlaže se nastaviti uzorkovanje na ovoj postaji u cilju utvrđivanja stanja makrozoobentosa kroz duže vremensko razdoblje.

Kanal Kostanjevica, prije akumulacije Bajer je postaja na kanalu koji ima funkciju uvođenja voda Kostanjevice u HES Vinodol. Radi se o vodnom tijelu povremenog i bujičnog karaktera koje ljeti presuši (HEP Proizvodnja d.o.o., 2021.). Mjerenja na limnigrafu potoka Kostanjevica pokazuju da i ovo vodno tijelo presušuje, primjerice tijekom 2018. godine je bilo 4 razdoblja bez protoka (tijekom ljeta i rane jeseni). Morfološki potencijal je loš, jer se radi o koritu od umjetnih materijala. Uzorkovanje makrozoobentosa je provedeno u rujnu i zabilježena je zajednica od 16 svojti, pri čemu su zabilježeni planktonski rakovi koji ukazuju na utjecaj akumulacije. Ovo je posljedica povremenog dvosmjernog toka vode kroz ovaj kanal te se može zaključiti da uvjeti nisu povoljni za razvoj stabilne zajednice. Makrozoobentos se stoga neće uzimati u obzir u ukupnoj ocjeni, ali kako je prisutan, predlaže se njegovo daljnje praćenje u sklopu redovitog monitoringa.

Postaja Gusić, Otočac nalazi se na kanalu Šumečica-Gornja Švica, u kojem se miješaju vode rijeka Like i Gacke, a pri vršnom radu HE Senj stvaraju se nepovoljni uvjeti (HEP Proizvodnja d.o.o., 2021.). Morfološki potencijal ocijenjen je s 5, a makrozoobentos je bio izuzetno siromašan i brojem svojti (5) i brojnošću (33 jed./m<sup>2</sup>). Kako su nepovoljni uvjeti rezultat specifičnosti namjene ovog kanala, a iste onemogućuju razvoj stabilne zajednice, predlaže se ne uzimati u obzir OEK makrozoobentosa pri ocjeni ekološkog potencijala. Kako je isti zabilježen, predlaže se njegovo uzorkovanje u sklopu redovitog monitoringa, kako bi se utvrdilo stanje ovog BEK-a na postaji Gusić, Otočac.

Cetina, kod Zakučca, je uzorkovana u odvodnom kanalu HE Zakučac. Vodno tijelo je pod utjecajem morskih mijena te se u njemu tijekom plime javlja obrnuti tok vode (HEP Proizvodnja d.o.o., 2021.). Bočati uvjeti nisu međutim zabilježeni prilikom praćenja fizikalno-kemijskih parametara te je električna vodljivost bila u rasponu od 326 do 742  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Makrozoobentos je pokazao umjereni ekološki potencijal, a zabilježene su mahom svojte slatkih voda, uz iznimku kozice *Atyaephyra desmaresti*, koja tolerira oscilacije saliniteta (Gottstein Matočec & Kerovec, 2002.). Moguće je da slatkovodna fauna naseljava zonu makrofita te da su uvjeti višeg saliniteta u dubljim dijelovima, za koje možemo pretpostaviti da nisu uzorkovani niti za potrebe analize fizikalno-kemijskih čimbenika. Predlaže se da se ocjena makrozoobentosa ne uzima u obzir u konačnoj ocjeni ekološkog potencijala u ovom projektu, a da se nastavi pratiti u sklopu redovitog monitoringa.

**Tablica 4.29.** Vrijednosti OEK modula Opće degradacije svake postaje po grupama. Vrijednosti označene zagradama ne uzimaju se u obzir u ukupnoj ocjeni ekološkog potencijala.

Grupa	Šifra	Postaja	OEK Modul Opće degradacije	Ocjena ekološkog potencijala
1	30006	Curak, nakon HE Munjara	1,19	Dobar i bolji
	30007	Curak, D. Ložac	0,92	Dobar i bolji
	40432	Vrba, Ojdanići	0,73	Dobar i bolji
	30069	Ličanka, Fužine	0,50	Umjeren
	30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	(0,34)	(Loš)
	31033	Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,65	Dobar i bolji
	30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	(0,46)	(Umjeren)
	30078	Dubračina, Tribalj - Ričina	0,65	Dobar i bolji
	31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,42	Umjeren
	31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,48	Umjeren
	30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	0,68	Dobar i bolji
	40430	Orašnica, prije utoka u Krku	0,76	Dobar i bolji
	40431	Orašnica, Kninsko polje	0,63	Dobar i bolji
	31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	0,63	Dobar i bolji
	31008	Mufrin, Valenti	0,62	Dobar i bolji
2	40413	Krka, Gradina	0,67	Dobar i bolji
	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	0,89	Dobar i bolji
	40449	Butišnica, prije ak. Golubić	0,97	Dobar i bolji
	30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	0,60	Dobar i bolji
	31007	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	0,29	Loš
	31078	Boljunčica, r. Letaj	0,10	Vrlo loš
	31026	Raša, Most Raša	0,25	Loš
	31024	Raša, most Mutvica	0,83	Dobar i bolji
	31010	Mirna, Portonski most	0,91	Dobar i bolji
	31011	Mirna, Kamenita vrata	0,83	Dobar i bolji
	40453	Butišnica, HE Golubić	0,67	Dobar i bolji
	40454	Butišnica, Bulin most	0,87	Dobar i bolji
3	40116	Zvizda, gornji tok	1,06	Dobar i bolji
	31021	Raša, most Potpićan	0,89	Dobar i bolji
	30056	Lika, Selište	0,88	Dobar i bolji
	16015	Kupa, nakon HE Ozalj	0,85	Dobar i bolji
	31027	Krbunski potok	0,93	Dobar i bolji
	31028	Vlaški potok (Posert)	0,71	Dobar i bolji
	31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	0,71	Dobar i bolji
	31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu	1,09	Dobar i bolji
	30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	0,54	Umjeren
	31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	0,08	Vrlo loš
	40100	Cetina, kod Zakučca	(0,49)	(Umjeren)
	40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	0,81	Dobar i bolji
	30059	Rječina, HE Rijeka	0,28	Loš
4	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butišnicu	0,99	Dobar i bolji
	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	0,83	Dobar i bolji
	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,83	Dobar i bolji
	30065	Gusić, Otočac	(0,45)	(Umjeren)

Grupa	Šifra	Postaja	OEK Modul Opće degradacije	Ocjena ekološkog potencijala
	30057	Gusić, prije ak. Gusić	0,78	Dobar i bolji
	40309	Vrbica	0,63	Dobar i bolji
	31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,47	Umjeren
	40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	0,83	Dobar i bolji
	31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	0,73	Dobar i bolji

Konačna ocjena ekološkog potencijala za biološki element kakvoće makrozoobentos pokazuje da 31 vodno tijelo ima dobar i bolji ekološki potencijal, 11 ih ima umjeren, pet loš, a dva vrlo loš (Tablica 4.30.).

**Tablica 4.30.** Vrijednosti ekološkog potencijala na temelju makrozoobentosa svake postaje po grupama.

Grupa	Šifra	Postaja	OEK modul Saprobnosti	OEK modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
1	30006	Curak, nakon HE Munjara	0,97	1,19	0,97	Dobar i bolji
	30007	Curak, D. Ložac	0,87	0,92	0,87	Dobar i bolji
	40432	Vrba, Ojdanići	1,01	0,73	0,73	Dobar i bolji
	30069	Ličanka, Fužine	0,62	0,50	0,50	Umjeren
	30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	(0,57)	(0,34)	(0,34)	(Loš)
	31033	Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,67	0,65	0,65	Dobar i bolji
	30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	0,61	(0,46)	(0,46)	(Umjeren)
	30078	Dubračina, Tribalj - Ričina	0,83	0,65	0,65	Dobar i bolji
	31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,54	0,42	0,42	Umjeren
	31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,20	0,48	0,20	Loš
	30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	0,75	0,68	0,68	Dobar i bolji
	40430	Orašnica, prije utoka u Krku	0,84	0,76	0,76	Dobar i bolji
	40431	Orašnica, Kninsko polje	0,96	0,63	0,63	Dobar i bolji
	31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	0,70	0,63	0,63	Dobar i bolji
	31008	Mufrin, Valenti	0,77	0,62	0,62	Dobar i bolji
2	40413	Krka, Gradina	1,16	0,67	0,67	Dobar i bolji
	31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	0,78	0,89	0,78	Dobar i bolji
	40449	Butižnica, prije ak. Golubić	1,00	0,97	0,97	Dobar i bolji
	30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	1,13	0,60	0,60	Dobar i bolji
	31007	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	0,54	0,29	0,29	Loš
	31078	Boljunčica, r. Letaj	0,02	0,10	0,02	Vrlo loš
	31026	Raša, Most Raša	0,61	0,25	0,25	Loš

Grupa	Šifra	Postaja	OEK modul Saprobnosti	OEK modul Opće degradacije	OEK konačna ocjena	Ocjena ekološkog potencijala
3	31024	Raša, most Mutvica	0,63	0,83	0,63	Dobar i bolji
	31010	Mirna, Portonski most	0,88	0,91	0,88	Dobar i bolji
	31011	Mirna, Kamenita vrata	0,72	0,83	0,72	Dobar i bolji
	40453	Butižnica, HE Golubić	1,08	0,67	0,67	Dobar i bolji
	40454	Butižnica, Bulin most	1,05	0,87	0,87	Dobar i bolji
	40116	Zvizda, gornji tok	1,04	1,06	1,04	Dobar i bolji
	31021	Raša, most Potpićan	0,44	0,89	0,44	Umjeren
	30056	Lika, Selište	0,90	0,88	0,88	Dobar i bolji
	16015	Kupa, nakon HE Ozalj	0,64	0,85	0,64	Dobar i bolji
	31027	Krbunski potok	0,74	0,93	0,74	Dobar i bolji
31028	Vlaški potok (Posert)	0,54	0,71	0,54	Umjeren	
	31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu*		1,09	1,09	Dobar i bolji
	31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	0,63	0,71	0,63	Dobar i bolji
	30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	0,87	0,54	0,54	Umjeren
	31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	0,12	0,08	0,08	Vrlo loš
	40100	Cetina, kod Zakučca	0,51	(0,49)	(0,49)	(Umjeren)
	40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	0,76	0,81	0,76	Dobar i bolji
	30059	Rječina, HE Rijeka	0,64	0,28	0,28	Loš
4	40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	1,05	0,99	0,99	Dobar i bolji
	31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša*		0,83	0,83	Dobar i bolji
	31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,53	0,83	0,53	Umjeren
	30065	Gusić, Otočac	1,20	0,45	0,45	Umjeren
	30057	Gusić, prije ak. Gusić	1,20	0,78	0,78	Dobar i bolji
	40309	Vrbica	0,66	0,63	0,63	Dobar i bolji
	31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,55	0,47	0,47	Umjeren
	40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	1,13	0,83	0,83	Dobar i bolji
	31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	0,56	0,73	0,56	Umjeren

\* Fauna makrozoobentosa sadrži eurihaline svojte te se ekološki potencijal ovog vodnog tijela mora razmatrati u tom kontekstu.

Ocjena ekološkog stanja, prema metodama za prirodne tekućice, razlikuje se od ocjene ekološkog potencijala prema predloženom sustavu (Tablica 4.31.). U pravilu su ocjene ekološkog potencijala nešto blaže, odnosno za kategoriju bolje, što je u skladu s preporukama CIS vodiča br. 37. To je vidljivo i prema OEK vrijednostima, a posljedica je novo razvijenog sustava, koji pri definiranju maksimalnog ekološkog potencijala uzima u obzir same karakteristike i namjenu znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela. U nekoliko slučajeva, međutim, ocjena je čak lošija od ekološkog stanja (Tablica 4.31.). Ovo je posljedica korištenja



metrika koje su dale statistički značajan odgovor na hidromorfološke promjene te su karakteristične za ovakva vodna tijela.

**Tablica 4.31.** Usporedba ocjena ekološkog stanja i ekološkog potencijala prema makrozoobentosu za ZPVT/UVT.

		Ocjenjivanje prema sustavu za prirodne tekućice		Ocjenjivanje prema sustavu za ZPVT/UVT	
Šifra	Mjerna postaja	OEK	Ocjena ekološkog stanje	OEK	Ocjena ekološkog potencijala
30006	Curak, nakon HE Munjara	0,68	Dobro	0,97	Dobar i bolji
30007	Curak, D. Ložac	0,53	Umjereno	0,87	Dobar i bolji
40432	Vrba, Ojdanići	0,67	Umjereno	0,73	Dobar i bolji
30069	Ličanka, Fužine	0,34	Loše	0,50	Umjeren
30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	0,45	Umjereno	0,34	Loš
31033	Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,48	Loše	0,65	Dobar i bolji
30076	Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	0,52	Umjereno	0,46	Umjeren
30078	Dubračina, Tribalj - Ričina	0,73	Dobro	0,65	Dobar i bolji
31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,38	Loše	0,42	Umjeren
31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,12	Vrlo loše	0,20	Loš
30058	Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	0,67	Dobro	0,68	Dobar i bolji
40430	Orašnica, prije utoka u Krku	0,61	Umjereno	0,76	Dobar i bolji
40431	Orašnica, Kninsko polje	0,73	Umjereno	0,63	Dobar i bolji
31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	0,55	Umjereno	0,63	Dobar i bolji
31008	Mufrin, Valenti	0,40	Loše	0,62	Dobar i bolji
40413	Krka, Gradina	0,78	Dobro	0,67	Dobar i bolji
31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	0,62	Umjereno	0,78	Dobar i bolji
40449	Butišnica, prije ak. Golubić	0,84	Dobro	0,97	Dobar i bolji
30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	0,38	Umjereno	0,60	Dobar i bolji
31007	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	0,40	Loše	0,29	Loš
31078	Boljunčica, r. Letaj	0,01	Vrlo loše	0,02	Vrlo loš
31026	Raša, Most Raša	0,47	Loše	0,25	Loš
31024	Raša, most Mutvica	0,48	Loše	0,63	Dobar i bolji
31010	Mirna, Portonski most	0,71	Dobro	0,88	Dobar i bolji
31011	Mirna, Kamenita vrata	0,56	Umjereno	0,72	Dobar i bolji
40453	Butišnica, HE Golubić	0,80	Dobro	0,67	Dobar i bolji
40454	Butišnica, Bulin most	0,93	Vrlo dobro	0,87	Dobar i bolji
40116	Zvizda, gornji tok	0,53	Umjereno	1,04	Dobar i bolji
31021	Raša, most Potpićan	0,43	Umjereno	0,44	Umjeren
30056	Lika, Selište	0,59	Umjereno	0,88	Dobar i bolji
16015	Kupa, nakon HE Ozalj	0,43	Umjereno	0,64	Dobar i bolji
31027	Krbunski potok	0,71	Dobro	0,74	Dobar i bolji
31028	Vlaški potok (Posert)	0,53	Umjereno	0,54	Umjeren
31002	Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	0,08	Vrlo loše	0,63	Dobar i bolji
31006	Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu	0,49	Umjereno	1,09	Dobar i bolji
30077	Lepenica, prije ak. Lepenica	0,49	Umjereno	0,44	Umjeren
31025	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	0,00	Vrlo loše	0,11	Vrlo loš

		Ocjenjivanje prema sustavu za prirodne tekućice		Ocjenjivanje prema sustavu za ZPVT/UVT	
40100	Cetina, kod Zakučca	0,37	Loše	0,37	Loš
40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	0,50	Umjereno	0,76	Dobar i bolji
30059	Rječina, HE Rijeka	0,50	Umjereno	0,12	Vrlo loš
40448	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	0,94	Vrlo dobro	0,99	Dobar i bolji
31036	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	0,52	Umjereno	0,84	Dobar i bolji
31029	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,42	Loše	0,53	Umjeren
30065	Gusić, Otočac	0,38	Loše	0,46	Umjeren
30057	Gusić, prije ak. Gusić	0,12	Vrlo loše	0,78	Dobar i bolji
40309	Vrbica	0,45	Loše	0,64	Dobar i bolji
31032	Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,43	Loše	0,47	Umjeren
40144	GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	0,15	Vrlo loše	0,83	Dobar i bolji
31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	0,45	Loše	0,56	Umjeren

## Zaključak

Zaključno se može navesti da makrozoobentos predstavlja biološki element kakvoće koji je prikladan za ocjenu ekološkog potencijala znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela. Razvijen je novi sustav za ocjenu koji uzima u obzir metrike koje se koriste u procjeni ekološkog stanja nasličnijeg tipa prirodnih vodnih tijela, ali i metrike koje daju najbolji odgovor na gradijent hidromorfoloških promjena u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima. Razvijeni sustav daje nešto blažu ocjenu u odnosu na ocjenu ekološkog stanja te je prilagođen specifičnostima pojedinih grupa znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije.

Operativna lista svojti (Prilog 5) uključuje nešto širi popis od onog koji je nužan u redovitom monitoringu. Ovo se posebno odnosi na skupine Oligochaeta i Coleoptera koje su determinirane do vrste za što je nužan specijalist za pojedinu skupinu. Zbog bogatstva svojti ovih skupina u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije smatrali smo nužnim uključiti ih u razvoj klasifikacijskog sustava, jer su pružili izuzetno vrijedne ekološke podatke za ove ekosustave. Obe skupine su dobro istražene na području Republike Hrvatske te se dosta zna o njihovoj ekologiji (Mičetić Stanković i sur., 2015, 2019). Razina determinacije korištena u ovom elaboratu, kao i u elaboratu Miliša i sur. (2020) nije nužna u rutinskom monitoringu ovih vodnih tijela.

Neprikladnost pojedinih postaja za ocjenjivanje putem makrozoobentosa proizlazi iz prisutnog povišenog saliniteta vodenog medija. Spomenuto smo potvrdili na nekim postajama i po sastavu zajednice, poglavito prema svojutama rakova karakterističnim po naseljavanju brakičnih te slanih voda. Postaje koje su imale izrazito povišenu električnu vodljivost te koncentracije kloridnih iona su: Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu i Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša. Budući da se vjerojatno radi o prirodnim bočatim uvjetima, ove postaje se trebaju izuzeti iz evaluacije putem bioloških elemenata kakvoće površinskih kopnenih voda.



## Literatura:

Allan, J. D., Castillo, M. M. (2007) Stream ecology: structure and function of running waters. Springer Science & Business Media.

Charmantier, G., Charmantier-Daures, M. (1994) Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in the isopod crustacean *Sphaeroma serratum*. Marine Ecology-Progress Series, 114, 93-93.

Feio M J (ed.) (2011) WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 6 report – River/Med GIG /Benthic Invertebrates (30th Decemebr 2011). European Commission Directorate General, JRC, Institute of Environment and Sustainability.

Feio, M. J., Aguiar, F. C., Almeida, S. F. P., Ferreira, J., Ferreira, M. T., Elias, C., ... Vieira, C. (2014) Least disturbed condition for European Mediterranean rivers. Science of the total environment, 476, 745-756.

HEP Proizvodnja d.o.o. (2021) Posebnosti površinskih vodnih tijela tekućica na kojima su izgrađene hidroelektrane HEP-Proizvodnje d.o.o. koje treba uzeti u obzir prilikom ocjenjivanja ekološkog potencijala u projektima (interni dokument)

Hering, D., Feld, C.K., Moog, O., Ofenbock, T. (2006) Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. Hydrobiologia 566: 311–324.

Matocec, S. G., Kerovec, M. (2002). *Atyaephyra desmaresti* and *Palaemonetes antennarius* (Crustacea: Decapoda, Caridea) in the delta of the Neretva River (Croatia). Biologia (Bratislava), 57(2), 181-189.

Mičetić Stanković V., Jäch M.A., Ivković M., Stanković, I., Kružić, P, Kučinić M. (2019) Spatio-temporal distribution and species traits of water beetles along an oligotrophic hydrosystem: a case study. Annales de Limnologie-International Journal of Limnology 55, 22

Mičetić Stanković, V., Jäch, M. A., Kučinić, M. (2015) Annotated checklist of Croatian riffle beetles (Insecta: Coleoptera: Elmidae). Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici, 24(1), 93-109.

Miliša, M. i sur. (2020) Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske primorske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće, 367 str.

Moog, O. (1995) Fauna aquatica austriaca. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Wien.

## 4.2. Biološki element kakvoće: Fitobentos

Fitobentos se kao element kakvoće u ocjeni ekološkog potencijala koristi iz nekoliko razloga: lako ga je uzorkovati i predvidljivo reagira na promjene kakvoće vode. Fitobentos ima kratko generacijsko vrijeme u trajanju od nekoliko sati do nekoliko dana, što ga čini skupinom koja prva reagira na promjene u okolišu. Fitobentoske su alge dominantna komponenta obraštaja (perifitona), a s obzirom da su pričvršćene za supstrat, zajednica u sebi objedinjuje fizikalna i kemijska svojstva vodnog tijela. Najučestalije fitobentoske alge u tekućicama, kao i u umjetnim i znatno promijenjenim vodnim tijelima su alge kremenjašice ili dijatomeje. S obzirom da su ubikvisti i obitavaju u svim vrstama biotopa, dijatomeje su dobri pokazatelji kakvoće vode te je na osnovu njih razvijen sustav metoda ocjene koji se temelji na trofičkom sustavu i autekologiji vrsta. Metode ocjene ekološkog potencijala su specifične za određene tipove umjetnih i znatno promijenjenih vodnih tijela, što znači da su granične vrijednosti kategorija za pojedini ekološki potencijal ovisne o tipu umjetnog i znatno promijenjenog vodnog tijela.

Uzorkovanje fitobentosa za potrebe projekta Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekuće Dinaridske ekoregije

Uzorkovanje fitobentosa na ukupno 35 postaja u Dinaridskoj ekoregiji obavljeno je u razdoblju od travnja do rujna 2018. godine, uz iznimku dviju postaja uzorkovanih u svibnju 2019. godine. Uz uzorke fitobentosa prikupljeni su i osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji i to temperatura vode, koncentracija i udio otopljenog kisika, električna provodljivost i pH. Uzorkovanje je obavljeno prema Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće.

### 4.2.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji

#### 4.2.1.1. Uzorkovanje

##### Vrijeme i mjesto uzorkovanja

Uzorkovanje fitobentosa u umjetnim i znatno promijenjenim vodnim tijelima treba obaviti u proljetnom razdoblju (travanj-svibanj), u vrijeme niskog vodostaja i stabilnih hidroloških prilika, najmanje dva (optimalno tri) tjedna nakon visokog vodostaja. Iznimno, uzorkovanje znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela klasificiranih kao povremene tekućice obavlja se u periodu od veljače do travnja. U tom periodu hidrološke i klimatološke prilike osiguravaju stabilan protok vode. Uzorkovanje umjetnih kanala vezanih za objekte Hrvatske elektroprivrede (HEP) treba obaviti u dogovoru s istim uzimajući u obzir vodni režim umjetnog kanala. Umjetne tekućice s velikim dnevnim promjenama protoka (HR-K\_13A) treba uzorkovati u jutarnjim satima, prije početka rada strojarnica.

Uzorkovati treba u glavnom koritu te izbjegavati mjesta sa značajno usporenim tokom jer se tamo može formirati netipična zajednica. Prilikom odabira mjesta uzorkovanja u obzir treba uzeti brzinu strujanja vode, osvjetljenost, sastav i zastupljenost vrsta podloge. Reprezentativan supstrat za uzorkovanje je površina potopljenog kamena. Reprezentativan uzorak predstavlja pet kamena veličine mezolitala sakupljenih sa različitih mikrostaništa, čime se pokriva većina uvjeta prisutnih na istraživanom odsječku.

Uzorkovanje se obavlja na odsječcima od 25 – 50 m, neovisno o veličini slivne površine mjerne postaje.

#### Oprema potrebna za uzorkovanje

- terenski protokol za uzorkovanje fitobentosa u rijekama, s pratećim terenskim sitnim priborom,
- isprintane naljepnice s oznakama,
- grafitna olovka i uljni marker,
- gumene čizme (ribarske, duge sa i bez naramenica),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, terenske sandale, kapa ili šešir,
- krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja,
- plastične epruvete 10-50 mL,
- skalpel,
- tvrda četkica za zube,
- plastična kadica,
- boca za ispiranje,
- žlica ili lopatica,
- pinceta,
- kracer (ručna bentos mreža),
- gumene rukavice – male i duge do ramena,
- otopina za fiksiranje uzorka,
- fotoaparata,
- GPS uređaj,
- elektronička naprava za mjerenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja u vodi (pH metar, konduktometar, oksimetar),
- „Aquascope“ – pomagalo za gledanje pod vodom,
- prijenosni hladnjak,
- terenska torbica s prvom pomoći,
- pojas za spašavanje za uzorkovanje na velikim tekućicama.

## Uzorkovanje obraštaja za dijatomejski uzorak

Uzorkovanje se obavlja po načelu „uzorkovanje jednog mikrostaništa“ (engl. *single habitat sampling*), odnosno s pet kamena veličine mezolitala (6 - 25 cm), uzetih na različitim mjestima uzorkovanog odsječka s obzirom na različite uvjete u vodotoku. U slučaju kada u koritu nema reprezentativnog mikrostaništa (površine kamena), treba uzorkovati alternativna mikrostaništa, poput makrofitske vodene vegetacije, nepomičnih stijena, sitnih supstrata poput mulja i pijeska ili umjetnih vertikalnih površina.

NAPOMENA: Dijatomejski se uzorak s pet sastruganih kamena sakupi u kadicu te odlije u jednu bočicu dostatnog volumena. U bočicu s uzorkom dodaje se fiksativ bez odlijevanja supernatanta, kako ne bi došlo do odlijevanja manjih i lakših stanica koje ne tonu brzo, što bi u konačnici moglo imati utjecaj na konačan rezultat.

**Tablica 4.32.** Postupci uzorkovanja fitobentosa (dijatomejskog uzorka) s pojedinih vrsta supstrata.

Tip supstrata		Postupak uzorkovanja
<b>Tvrđi pomični supstrat: kamenje, oblutci</b>	1	Izvaditi reprezentativne uzorke supstrata iz tekućice (pet kamena veličine 6 - 25 cm)
	2	Supstrat staviti u plastičnu kadicu uz dodatak vode iz tekućice
	3	Supstrat u kadici fotografirati
	4	Skalpelom ili četkicom potpuno sastrugati gornju površinu supstrata uz ispiranje korištenog alata i supstrata vodom koja se nalazi u kadici
	5	Sastrugani materijal resuspendirati i prelići u bočicu. U slučaju većeg volumena sakupljenog uzorka, sedimentacija istog nije poželjna
	6	Uzorak pohraniti u pravilno označenu bočicu i fiksirati, a supstrat vratiti u vodotok
<b>Mekani pomični supstrat: mahovina, makrofita, manje korijenje bilja, lisne plojke</b>	1	Izvaditi reprezentativne supstrate iz tekućice
	2	Supstrat staviti u plastičnu kadicu/kantu/bocu uz dodatak vode iz tekućice
	3	Supstrat dobro ručno protresti/sastrugati ili iscijediti (postupak ponoviti 4 - 5 puta) u vodi koja se nalazi u kadici/kanti/boci
	4	Sastrugani materijal resuspendirati i prelići u bočicu. U slučaju većeg volumena sakupljenog uzorka, sedimentacija istog nije poželjna.
	5	Uzorak pohraniti u pravilno označenu bočicu i fiksirati, a supstrat vratiti u vodotok
<b>Mekani sediment: pijesak, mulj, fini organski materijal, glina</b>	1	Posudu ili donji dio Petrijeve zdjelice postaviti na supstrat tako da njen otvor prekrije površinu koja se uzorkuje. Zdjelicu lagano pritisnuti na supstrat tako da sediment ispuni cijeli volumen unutrašnjeg dijela posude/Petrieve zdjelice Napomena: Ako voda ne teče brzo, moguće je gornji dio sedimenta uzeti žličicom ili kapalicom.
	2	Lagano podvući metalnu ili plastičnu pločicu (površine veće od promjera zdjelice) pod posudu ispunjenu sedimentom

Tip supstrata	Postupak uzorkovanja
	3 Sabrani sediment u cijelosti prenijeti u staklenu čašu te dodati po potrebi destilirane vode. Uzorak dobro protresti i kratko sedimentirati. Supernatant dekantirati i pohraniti u pravilno označenu bočicu
	4 Postupak ispiranja sedimenta destiliranom vodom i dekantiranja supernatanta ponoviti 4 puta
	5 Fiksirati uzorak
<b>Tvrđi nepomični, umjetni vertikalni supstrat</b>	1 Uzorkovanje se obavlja uz pomoć kracera ili plastične boce volumena 50-100 mL
	2 Vertikalnu površinu (cca 10 cm <sup>2</sup> ), sastrugati s dubine od barem 30-ak cm
	3 Postupak struganja ponoviti barem 3 puta
	4 Uzorak sakupljen na metalnom okviru kracera pohraniti u pravilno označenu bočicu te fiksirati
	5 Uzorak sastrugan direktno bočicom samo fiksirati, ili pohraniti u željene bočice

U Tablici 4.32.. prikazani su postupci uzorkovanja s različitim supstrata. Svaki uzorak neophodno je pohraniti u bočice koje moraju biti označene etiketom na kojoj je naznačeno:

- naziv tekućice,
- šifra i naziv mjerne postaje,
- datum i vrijeme uzorkovanja.

Ukoliko se za struganje fitobentosa koristi četkica, svakako ju je za svako naredno uzorkovanje neophodno dobro očistiti i isprati. No, zbog moguće kontaminacije sljedećeg uzorka, preporuča se koristiti uvijek novu četkicu.

#### Otopina za fiksiranje

Dijatomske uzorke treba konzervirati s etilnim alkoholom do konačne koncentracije najmanje 20%, neovisno o vremenu skladištenja.

Uz uzorak fitobentosa, potrebno je obaviti *in situ* mjerenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja (temperature vode, pH, električne vodljivosti, saliniteta, zasićenja vode kisikom, koncentracije u vodi otopljenog kisika).

Terenski protokol za uzorkovanje fitobentosa u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima treba pripremiti prije odlaska na teren kao obrazac u klasičnom (papirnatom) ili u elektroničkom obliku (primjerice na tabletu) te treba sadržavati podatke navedene u Poglavlju 7.1.2.1.3.

## Terenski protokol za uzorkovanje fitobentosa u tekućicama

Terenski protokol za uzorkovanje fitobentosa u tekućicama sadrži sljedeće podatke:

- šifra i naziv mjerene postaje,
- šifra vodnog tijela,
- tip površinske vode,
- analitički broj uzorka,
- koordinate mjerne postaje (geografska širina i dužina),
- nadmorska visina,
- dužina uzorkovanog odsječka (m),
- datum uzorkovanja,
- ime osobe koja je uzorkovala,
- opis/skica mjesta uzorkovanja,
- uzorkovana obala (lijeva, sredina, desna),
- tip vodotoka (izvor, potok, rijeka, ušće, rukavac, kanal, jezero, akumulacija),
- oblik riječne doline (kanjon, korito, meandri, poplavna nizina),
- zasjenjenost (%),
- procijenjena brzina vodenog toka, (m/s) - (0 - 10, 10 - 30, 30 - 60, > 60, ne teče),
- pokrivenost uzvodnog transektu vodenom vegetacijom (%) - (nadpovršinska, podpovršinska, plutajuća, slobodno plutajuća, bez plutajuće vegetacije),
- smjer uzorkovanog transektu (uzvodno, nizvodno),
- zastupljenost mikrostaništa u uzorkovanom transektu (megalital, makrolital, mezolital, mikrolital, akal, psamal, psamopelal, pelal, argilal, tehnolital),
- razina vode (poplava, visoka, srednja razina, niska),
- замуćenost (nema, mala, srednja, velika),
- temperatura vode (°C), otopljeni kisik (mg/L), zasićenje kisikom (%), el. vodljivost pri 25°C (µS/cm), pH, salinitet,
- boja, miris, pjena, vidljivi otpad,
- vidljivi znakovi redukcijskog procesa (crni sediment/sapropel, miris na H<sub>2</sub>S, bez znakova),
- onečišćenje (otpadne vode kućanstva, voda iz uređaja za pročišćavanje, utjecaj poljoprivrede, industrijski ispusti, sumnja na iznenadno onečišćenje i dr., nema onečišćenja),
- fizička ometanja (obalne utvrde, uzvodno brana ili ustava, nizvodno brana ili ustava),
- uzorkovanje fitobentosa pomoću: špatula, četkica, skalpel, kapalica, Petrijeva zdjelica, mreža za struganje i dr.,
- uzorkovano mikrostanište/supstrat,
- prosječna dubina uzorkovanja,
- dužina uzorkovanog odsječka,
- ostala opažanja, koja nisu obuhvaćena gore navedenim, unijeti u rubriku napomene.

#### 4.2.1.2. *Laboratorijska obrada uzoraka*

##### Oprema potrebna za laboratorijski rad

- električna ploča za zagrijavanje uzorka,
- Erlenmeyerove tikvice od 100mL,
- kuglice za vrenje,
- staklene epruvete (cca 15 mL),
- centrifuga,
- laboratorijska vaga,
- bočice za pohranjivanje uzoraka,
- predmetna stakalca,
- pokrovna stakalca,
- kapalice,
- ručna automatska pipeta,
- nastavci za pipetu,
- binokularni mikroskop s Nomarski kontrastom koji sadržava:
  - a) binokulare 10x ili 12,5x (od kojih jedan ima okularni mikrometar)
  - b) objektiv 100x s Nomarski kontrastom
  - c) imerzijsko ulje
  - d) digitalnu kameru povezanu s računalom
  - e) mehaničko postolje

##### Čišćenje dijatomejskog uzorka i izrada trajnih preparata

Za precizno određivanje dijatomeja potrebno je pripremiti trajne preparate.

Kod pripreme trajnih preparata iz materijala fiksiranog etilnim alkoholom, ispiranje destiliranom vodom nije potrebno.

Metoda 1.

Uklanjanje organske tvari iz uzorka provodi se u epruvetama ili Erlenmeyerovim tikvicama dodavanjem zasićene otopine kalijevog permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ). U prethodno označene epruvete, otopina se dodaje u jednakom omjeru (1 mL) u odnosu na uzorak. Ovisno o količini organske tvari, uzorak poprima smeđu boju kao rezultat oksidativnog učinka kalijevog permanganata. Purpurna boja ukazuje na manju količinu organske tvari. Tako pripremljen uzorak, ostavlja se 24 sata kako bi razgradnja organske tvari bila potpuna.

Uklanjanje karbonata iz uzorka provodi se nakon 24 sata dodatkom 37% klorovodične kiseline (HCl). Nakon reakcije koja se razvija dodatkom nekoliko kapi kiseline, u uzorak se dodaje HCl u ukupnom volumenu od 2 mL. Nakon toga, uzorak se stavlja u vodenu kupelj ili na električnu

ploču i kuha 45 min na srednjoj temperaturi sve do obezbojenja (ili žućkaste boje). Kuhanjem uzoraka u Erlenmeyerovim tikvicama obavlja se uz obavezan dodatak kuglica za vrenje. Uzorci se potom moraju ohladiti, na sobnoj temperaturi ili u hladnoj vodi. Ako organska tvar nije u potpunosti razgrađena, u uzorak se dodaje 5 mL 30% vodikovog peroksida ( $H_2O_2$ ), koji će kroz daljnje kuhanje oksidirati preostalu organsku tvar i obezbojiti uzorak.

Tako očišćen uzorak potrebno je ispirati dodatkom vodovodne vode te centrifugiranjem (7 min/2000 RPM) dok se ne postigne pH 6-7. Za ispiranje zadnje u nizu koristi se destilirana voda. Nakon postignutog neutralnog pH, uzorak je spreman za izradu trajnih preparata.

Svi navedena dodavanja kiselina, kuhanje uzoraka te prva dva ispiranja uzoraka obavljaju se isključivo u digestoru.

## Metoda 2.

Uklanjanje karbonata iz uzorka - da bi se iz materijala uklonio kalcijev ili magnezijev karbonat uzorku se dodaje u jednakom volumenu 25% klorovodična kiselina. Uzorak se kuha oko 30 minuta na  $200^\circ C$ . Nakon završene reakcije (pjenjenje uzorka) kalcijevog ili magnezijevog karbonata i klorovodične kiseline uzorak se ispire destiliranom vodom (dodaje se destilirana voda i centrifugira (7 min/2000 RPM) koji se ponavlja 4 puta. Ukoliko je uzorak sakupljen u vodotoku s niskom koncentracijom karbonatnih iona, dodavanje klorovodične kiseline nije potrebno.

Uklanjanje organske tvari iz uzorka - provodi se u epruvetama s debelim dnom ili Erlenmeyerovim tikvicama dodavanjem 96% sumporne kiseline u dvostrukom omjeru u odnosu na talog (uzorak). Smjesa uzorka i kiseline pažljivo se zagrijava na plinskom plameniku ili električnoj ploči do pojave bijelih para, kada se uzorak zacrni. Uzorak se potom malo ohladi, doda se  $H_2O_2$  (2 mL ili više, ovisi o uzorku), pa se opet zagrijava. Ukoliko u uzorku ima malo organske tvari smjesa se sama obezboji, a ukoliko ima puno organske tvari smjesa ostaje crna te se uzorku doda još  $H_2O_2$  koji će smjesu obezbojiti. Obezbojeni uzorak ponovo se ispire vodovodnom/destiliranom vodom te centrifugira (7 min/2000 RPM) dok se ne postigne pH 6-7.

## Izrada trajnih preparata

Uzorak pripremljen na gore opisani način, uz dodatak destilirane vode pohranjuje se u čiste i pravilno označene bočice. Na tako pripremljenu pokrovnicu nanese se ona količina uzorka koja u potpunosti prekriva površinu pokrovnog stakalca. Pri nakapavanju uzorka neophodno je procijeniti optimalnu gustoću frustula. Mliječno bijeloj suspenziji dodaje se destilirana voda kako bi se smanjila gustoća frustula. Nakapavanje uzorka optimalne gustoća važno je radi lakšeg određivanja i brojenja frustula. Uzorak raspoređen po cijeloj površini pokrovnog stakalca, ostavi se na ravnoj horizontalnoj površini. Kada sva suspenzija ispari, na pokrovnom stakalcu ostaje tanka bijelo-siva prevlaka. Ako osušena suspenzija nije jednoliko raspoređena izrađuje se novi preparat. Nejednolika distribucija dijetomeja na pokrovnom stakalcu najčešće



je posljedica prebrzog isparavanja, nedovoljno ispranog konzervansa, neravne površine ili vibracija površine na kojoj je pokrovnica postavljena. Kako bi se utvrdila homogenost uzorka, predmetna stakalca s nanesenim i osušenim suspenzijama dijatomeja mogu se prije uklapanja pregledati na povećanju od 400x tako da je uzorak na gornjoj strani pokrovnog stakalca. Ako homogenost i gustoća nisu zadovoljavajući, postupak treba ponoviti.

Kada se postigne zadovoljavajuća gustoća stanica, na predmetno stakalce stavi se kap smole (Naphrax), a na nju se prevrtanjem postavi pokrovno stakalce (strana s osušenom suspenzijom pokriva kapljicu). Preparat se lagano zagrijava na ploči za zagrijavanje ili na plinskom plameniku sve dok se, uz stvaranje mjehurića, smola ne raširi pod cijelim pokrovnim stakalcem. Pokrovno stakalce treba lagano pritisnuti histološkom iglicom ili drvenim štapićem i istisnuti mjehuriće zraka.

Preparat se ostavi hladiti. Laganim pomicanjem pokrovnog stakalca po predmetnom stakalcu provjeri se jesu li stakalca dobro zalijepljena.

Preostali dio očišćenog uzorka fiksira se glicerolom (uz minimalnu količinu destilirane vode) i pohranjuje na hladnom mjestu.

NAPOMENA: U ovom poglavlju su navedene dvije metode čišćenja dijatomeja za izradu trajnih preparata. Ostale metode čišćenja dijatomeja detaljno su opisane u Savjetodavnoj normi za rutinsko uzorkovanje i prethodnu obradu riječnih bentoskih dijatomeja (HRN EN 13946:2014). Primjenjivati se može metoda prema vlastitom izboru i u ovisnosti o čistoći uzorka.

#### Mikroskopiranje, determinacija i kvantifikacija dijatomeja

Trajni preparati dijatomeja mikroskopiraju se svjetlosnim mikroskopom. Određivanje i brojenje vrsta obavlja se pod mikroskopom s imerzijskim objektivom pri povećanju od 1000 puta. Po transektu se broji 400 stanica dijatomeja, odnosno frustula koje se determiniraju i odrede do razine vrste. Učestalost pojedine vrste u uzorku izražava se kao postotak od 400 izbrojenih stanica u uzorku ili trajnom preparatu. Sve vrste koje se nalaze u uzorku s relativnom zastupljenošću većom od 5% treba nastojati odrediti do razine vrste.

NAPOMENA: Uzorkovanje bentoskih dijatomeja mora biti u skladu sa Savjetodavnom normom za rutinsko uzorkovanje i prethodnu obradu riječnih bentoskih dijatomeja (HRN EN 13946:2014). Uzorkovanje fitobentosa mora biti u skladu sa Savjetodavnom normom za ispitivanje, uzorkovanje i laboratorijsku analizu fitobentosa u plitkim tekućicama (HRN EN 15708:2010). Determinacija i brojenje dijatomeja mora biti u skladu sa Savjetodavnom normom za identifikaciju i brojenje dijatomeja u uzorcima riječnog bentosa te njihovo tumačenje (HRN EN 14407:2014).

## 4.2.2. Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala

### Pokazatelji/indeksi za ocjenu ekološkog potencijala na temelju fitobentosa

Za ocjenu ekološkog potencijala na temelju biološkog elementa fitobentosa potrebno je odrediti dijatomejske vrste algi, a razina opterećenja hranjivim tvarima izražava se kao Trofički indeks dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ).

**Tablica 4.33.** Pokazatelj/indeks i moduli za ocjenu ekološkog potencijala na temelju fitobentosa.

Biološki element kakvoće	Pokazatelj/indeks	Opterećenje na koje ukazuje pojedini biološki indeks	Modul
Fitobentos	Trofički indeks dijatomeja ( $TDI_{HR}$ )	Opterećenje hranjivim tvarima	Trofičnost

### Određivanje trofičnosti na temelju dijatomejskih algi

Trofički indeks dijatomeja je pokazatelj koji ukazuje na opterećenje vodnog tijela hranjivim tvarima, tj. na njegov stupanj trofije na osnovu zastupljenosti dijatomejskih vrsta (Rott i sur., 1999.).

Indikatorske veličine za svaku dijatomejsku svojtu definirane su s obzirom na specifičnosti hrvatskih tekućica te je za svaku vrstu izračunata indikatorska vrijednost (tolerantnost) i indikatorska težina (osjetljivost).

### Operativna lista svojti dijatomeja (OLS – $TDI_{HR}$ )

Operativna lista svojti sadrži numeričke podatke o indikatorskim vrijednostima i težinama trofičkog indeksa za svojte dijatomeja koje se mogu naći u hrvatskim tekućicama i stajaćicama.

Vrste, kojima za sada nisu dodijeljeni numerički podaci, ne uzimaju se u obzir prilikom izračunavanja indeksa, osim ako njihova učestalost prelazi 60 frustula, odnosno ukoliko je njihova relativna učestalost više od 15%, tada uzimamo indikatorsku vrijednost i težinu roda.

### Izračunavanje Trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ )

Za determinirane vrste u svakom uzorku odrede se trofičke indikatorske vrijednosti i težine prema Operativnoj listi svojti dijatomeja za rijeke i jezera (OLS –  $TDI_{HR}$ ).

Za izračunavanje Trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) koristi se modificirana jednadžba Zelinka-Marvan (1961.):

$$INDEKS = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times IV_i \times IT_i}{\sum_{i=1}^n A_i \times IT_i}$$

gdje je:

$A_i$  = relativna učestalost vrste

$IV_i$  = indikatorska vrijednost (tolerantnost) pojedine vrste

$IT_i$  = indikatorska težina (osjetljivost) pojedine vrste

Referentne i najlošije vrijednosti, pokazatelja/indeksa biološkog elementa kakvoće fitobentosa, specifične su za određeni tip znatno promijenjenog i umjetnog vodnog tijela te su prikazane u Odjeljku 7.1.3.3.

#### Izračunavanje omjera ekološke kakvoće (OEK)

Za ocjenu ekološkog potencijala koristi se indeks koji izračunava omjer njegove ekološke kakvoće (OEK) po formuli:

$$OEK_{TDI_{HR}} = \frac{\text{Vrijednost } TDI_{HR} \text{ indeksa} - \text{najlošija vrijednost } TDI_{HR}}{\text{Referentna vrijednost } TDI_{HR} - \text{najlošija vrijednost } TDI_{HR}}$$

Vrijednost indeksa brojčana je vrijednost dobivena modificiranom jednadžbom po Zelinka-Marvan (1961.). Referentne i najlošije vrijednosti indeksa očitavaju se iz Tablica referentnih i graničnih vrijednosti za svaki tip vodotoka.

NAPOMENA: Ukoliko su vrijednosti omjera ekološke kakvoće pokazatelja manje od 0, tada se kao vrijednost pokazatelja za daljnji izračun koristi vrijednost 0.

#### **4.2.3. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na temelju biološkog elementa fitobentos**

##### Grupiranje postaja znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela (ZPVT/UVT)

Za potrebe razvoja sustava ekološkog potencijala, tipovi znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije grupirani su u ukupno četiri grupe (Tablica 4.5.). Navedeni su samo oni tipovi za koje u sklopu projektnog zadatka postoje vodna tijela. Znatno promijenjena vodna tijela grupirana su prema veličini sliva i promjenama u protoku pa se tako grupiraju male i srednje znatno promijenjene tekućice, velike i vrlo velike znatno promijenjene tekućice te znatno promijenjene tekućice s velikim promjenama protoka. Umjetna vodna tijela izdvojena su kao zasebna grupa.

#### 4.2.3.1. *Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela prema prirodnim vodnim tijelima – tekućicama Dinaridske ekoregije*

**Prvi pristup izračuna** temelji se na preuzimanju sustava ocjene omjera ekološke kakvoće za prirodne tekućice Dinaridske ekoregije koji je prošao službeni interkalibracijski proces te je potvrđen od strane ECOSTAT grupe. Službeni interkalibracijski postupak ekološkog stanja mediteranskih prirodnih tekućica na temelju biološkog elementa fitobentos završen je u sklopu interkalibracije Mediteranske (MED-GIG) geografske interkalibracijske grupe. Metode za ocjenu ekološkog stanja koje prolaze interkalibracijski proces uključuju taksonomski sastav dijatomeja na razini vrsta te relativnu brojnost (učestalost) vrsta. Sam pristup temelji se na klasifikaciji (grupiranju) prirodnih tijela prema interkalibracijskim grupama unutar MED-GIG geografske regije (Tablica 4.34.), prema kojoj su hrvatske prirodne tekućice Dinaridske ekoregije grupirane u ukupno tri zajednička interkalibracijska tipa (R-M1, R-M2, R-M5). Sukladno tome, ukupno devet hrvatskih biotičkih tipova sa podtipovima (HR-R\_11A, HR-R\_11B, HR-R\_12, HR-R\_13A, HR-R\_13B, HR-R\_14A, HR-R\_14B, HR-R\_14C, HR-R\_15A, HR-R\_15B, HR-R\_16A, HR-R\_16B, HR-R\_17, HR-R\_18 i HR-R\_19) pridruženo je navedenim zajedničkim interkalibracijskim grupama (Tablica 4.36.). Usvojena metrika za ocjenjivanje ekološkog stanja je trofički indeks dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ), a ocjena vodnih tijela prikazana je kao Omjer ekološke kakvoće ( $OEK_{TDI_{HR}}$ ).

**Tablica 4.34.** Zajednički interkalibracijski tipovi tekućica u Mediteranskoj (MED-GIG) geografskoj regiji prema izvještaju Milestone 6 report (2012.).

Interkalibracijski tip	Karakterizacija vodotoka	Obilježja
<b>R-M1</b>	Male prigrorske tekućice	sliv <100 km <sup>2</sup> , mješovita geologija (osim ne-silikatne), izražena sezonalnost
<b>R-M2</b>	Male do srednje velike nizinske tekućice	sliv 100-1000 km <sup>2</sup> , mješovita geologija (osim ne-silikatne), izražena sezonalnost
<b>R-M3</b>	Velike tekućice	sliv 1000-10000 km <sup>2</sup> , mješovita geologija (osim silikatne), izražena sezonalnost
<b>R-M4</b>	Male do srednje velike gorske tekućice	Tekućice nesilikatne podloge, izražena sezonalnost
<b>R-M5</b>	Povremene tekućice	Povremene tekućice, mješovita podloga, povremeni hidrološki režim

Kriteriji za određivanje referentnih uvjeta prirodnih tekućica preuzeti su iz izvještaja Milestone 6 report (2012.), a odnose se na abiotičke (fizikalno-kemijske i hidromorfološke) i biotičke čimbenike ( $TDI_{HR}$ ) (Tablica 4.35.). Na temelju spomenutih uvjeta za referentno stanje prirodnih tekućica i sukladno tome izabranih tkz. alternativnih referentnih, odnosno „benchmark“ postaja, izračunate su referentne vrijednosti indeksa za pojedine interkalibracijske grupe. Referentne vrijednosti iskazane su kao 10-i percentil trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) izabranih „benchmark“ postaja unutar pojedinih interkalibracijskih grupa, a kao najlošija vrijednost indeksa uzeta je ona iz čitavog seta podataka. Referentne i najlošije vrijednosti indeksa prema interkalibracijskim i biotičkim tipovima tekućica prikazane su u Tablici 4.36. Temeljem referentnih i najlošijih vrijednosti izračunat je Omjer ekološke kakvoće ( $OEK_{TDI_{HR}}$ ).

**Tablica 4.35.** Abiotički uvjeti za određivanje referentnog stanja prirodnih tekućica MED GIG-a.

<i>Pritisici</i>	<i>R-M1+R-M2+R-M4</i>	<i>R-M5</i>
Generalna morfologija (1-3)		
Generalna hidrologija (1-3)		≤ 2
Priobalna (riparijska) vegetacija (1-3)		
O <sub>2</sub> (%)	73,72-127,92	60.34-127.92
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )		≤0,09
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )		≤1,15
P-Total (mg L <sup>-1</sup> )		≤0,07
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )		≤0,06
% Umjetnog zemljišnog pokrova (sliv)		≤1
% Intenzivne poljoprivredne površine (sliv)		≤11
% Ekstenzivne poljoprivredne površine (sliv)		≤32
% Poluprirodni pokrov (sliv)		≥68
% Urbanizacija		≤1
% Uporaba zemljišta (Land use)		≤20
% Poljoprivreda		≤20

**Tablica 4.36.** Nacionalni tipovi prirodnih tekućica Dinarske ekoregije uključeni u zajedničke IC tipove mediteranskog GIG-a, sa pripadajućim referentnim i najlošijim vrijednostima hrvatskog trofičkog indeksa dijatomeja (TDI<sub>HR</sub>).

Nacionalni naziv	Nacionalni tip	Referentna vrijednost	Najlošija vrijednost	IK tip
Nizinske i prigorske male tekućice	HR-R_11A	1,90	4,58	M1
Prigorske srednje velike tekućice u vapnenačkoj podlozi	HR-R_12	1,83	4,58	M2
Nizinske srednje velike i velike tekućice	HR-R_13			
Nizinske velike tekućice s baražnim ujezerenjem	HR-R_13A	1,83	4,58	M2
Nizinske male tekućice u vapnenačkoj podlozi s padom > 5 ‰	HR-R_14A	1,90	4,58	M1
Nizinske srednje velike tekućice u vapnenačkoj podlozi s padom > 5 ‰	HR-R_14B	1,83	4,58	M2
Nizinske male i srednje velike tekućice krških polja	HR-R_15A	1,90	4,58	M1
Prigorske male i srednje velike tekućice krških polja	HR-R_15B	1,83	4,58	M2
Povremene tekućice	Prigorske male i srednje velike povremene tekućice	2,45	4,58	M5
	Nizinske male povremene tekućice			
Nizinske i prigorske male tekućice Istre	HR-R_17	1,90	4,58	M1
Nizinske srednje velike tekućice Istre	HR-R_18	1,83	4,58	M2
Povremene tekućice istre	HR-R_19	2,45	4,58	M5

Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temelje se na postavljanju granice za Vrlo dobro i Dobro stanje, a ona je izražena kao medijan vrijednosti OEK\_TDI<sub>HR</sub> svih referentnih „benchmark“ postaja prema interkalibracijskim grupama. Preostale granice kategorija ekološkog stanja određene su ekvidistalnim spuštanjem (za po 25%) od granice Vrlo dobro/Dobro sve do granice Loše/Vrlo Loše. Dobivene su granice testirane u interkalibracijskom procesu prema granicama kategorija drugih država članica Mediteranske geografske regije te su, ukoliko je bilo potrebno, prilagođene spuštanjem ili podizanjem vrijednosti kako bi konačne granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja bile u dopuštenom rasponu. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja prikazane su u Tablici 4.37.

**Tablica 4.37.** Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za prirodne tekućice Dinaridske ekoregije.

	R-M1	R-M2	R-M5
Granica vrlo dobrog i dobrog stanja	0,83	0,83	0,85
Granica dobrog i umjerenog stanja	0,55	0,55	0,59
Granica umjerenog i lošeg stanja	0,41	0,41	0,48
Granica lošeg i vrlo lošeg stanja	0,21	0,21	0,24

Ovim su pristupom postajama znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije pridruženi odgovarajući hrvatski biotički tipovi prema najbližem prirodnom tipu tekućice te pripadajuće interkalibracijske grupe. Temeljem referentnih i najlošijih vrijednosti zadanih prema biotičkim tipovima izračunat je OEK\_TDI<sub>HR</sub>. Rezultati izračuna OEK\_TDI<sub>HR</sub> prikazani su po grupama u Tablicama 4.43.-4.46.

#### 4.2.3.2. *Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela prema principu koji je korišten tijekom izrade sustava za prirodna vodna tijela*

Drugi pristup izračunu ekološkog potencijala temelji se na primjeni principa koji je korišten i za sustave za ocjenu prirodnih tekućica. Referentna vrijednost indeksa za pojedinačne grupe znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela (ZPVT/UVT) određena je kao vrijednost 10-og percentila trofičkog indeksa dijatomeja (TDI<sub>HR</sub>). Kao najlošija vrijednost izabrana je najlošija vrijednost TDI<sub>HR</sub> čitavog seta podataka. Referentne i najlošije vrijednosti po grupama ZPVT/UVT prikazane su u Tablici 4.38.

**Tablica 4.38.** Referentne i najlošije vrijednosti trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) prema grupama ZPVT/UVT.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Referentna vrijednost $TDI_{HR}$ ZPVT/UVT	Najlošija vrijednost $TDI_{HR}$ ZPVT/UVT
1	HK-K_7B	1,72	4,58
	HR-K_8A		
2	HK-K_8B	1,59	4,58
	HK-K_9B		
3	HK-K_10	2,01	4,58
	HK-K_12		
4	HK-K_13A	1,97	4,58
	HK-K_13B		

Temeljem referentnih i najlošijih vrijednosti izračunat je ekološki potencijal ( $OEK_{ZPVT/UVT}$ ) prema jednadžbi:

$$OEK_{ZPVT/UVT} = \frac{\text{Vrijednost } TDI_{HR} \text{ indeksa} - \text{najlošija vrijednost } TDI_{HR}(ZPVT/UVT)}{\text{Referentna vrijednost } TDI_{HR}(ZPVT/UVT) - \text{najlošija vrijednost } TDI_{HR}(ZPVT/UVT)}$$

Postavljanje graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala ( $OEK_{ZPVT/UVT}$ ) u drugom pristupu prati interkalibracijski protokol pa je sukladno tome granica za Dobar i bolji/Umjeren ekološki potencijal određen kao vrijednost medijana dobivenih  $OEK_{TDI_{HR}}$  referentnih postaja unutar pojedinačnih grupa ZPVT/UVT. Ostale niže kategorije ekološkog potencijala određene su ekvidistalnim spuštanjem do najnižih vrijednosti. Predložene granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala po grupama ZPVT/UVT prikazane su u Tablici 4.39.

Rezultati ocjene prema pristupu ocjene za prirodne tekućice prikazani su u Tablicama prema grupama ZPVT/UVT (Tablice 4.43. -4.46.).

**Tablica 4.39.** Predložene granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za grupirane tipove ZPVT/UVT.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Kategorije EP	Granične vrijednosti kategorija $OEK_{ZPVT/UVT}$
1	HK-K_7B	D/U	0,67
		U/L	0,45
		L/VL	0,23
2	HR-K_8A HK-K_8B HK-K_9B	D/U	0,69
		U/L	0,46
		L/VL	0,23

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Kategorije EP	Granične vrijednosti kategorija OEK_ZPVT/UVT
3	HK-K_10 HK-K_12	D/U	<b>0,62</b>
		U/L	0,41
		L/VL	0,2
4	HK-K_13A HK-K_13B	D/U	<b>0,64</b>
		U/L	0,43
		L/VL	0,22

#### 4.2.3.3. Izračun ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela temeljem normalizacije drugog pristupa

U trećem pristupu izračun ekološkog potencijala temelji se na postavljanju strožih graničnih vrijednosti kategorija kroz normalizaciju linearnom regresijom dobivenom prema usklađivanju granica na D/U=0,6 U/L=0,4; L/VL =0,2. Granica Dobar i bolji/Umjeren ekološki potencijal izražena je kao medijan vrijednosti OEK\_ZPVT/UVT izračunatog u drugom pristupu. Niže granične vrijednosti kategorija određene su ekvidistalnim spuštanjem od granice Dobar i bolji/Umjeren. Prikaz medijana vrijednosti i postavljenih graničnih vrijednosti kategorija za OEK\_ZPVT/UVT\_norm. prema grupama ZPVT/UVT prikazana je u Tablici 4.40. Izračunatim graničnim vrijednostima kategorija ekološkog potencijala pridružene su pripadajuće nove strože granice prema kojima je granica Dobar i bolji/Umjeren postavljena na EP = 0,6, Umjeren/Loš na EP = 0,4 te Loš/Vrlo loš na EP = 0,2. Usklađivanje kategorija provedeno je linearnom regresijom, a izračun OEK\_ZPVT/UVT\_norm. predstavlja pravac linearne jednadžbe. U Tablici 4.41. prikazane su linearne jednadžbe izračunate po grupama ZPVT/UVT. Rezultati ocjene prema opisanom pristupu prikazani su Tablicama 4.43. – 4.46.

**Tablica 4.40.** Granične vrijednosti kategorija OEK\_ZPVT/UVT usklađenih s normaliziranim strožim granicama za OEK\_ZPVT/UVT\_norm prema grupama ZPVT/UVT.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Kategorije EP	Granične vrijednosti kategorija OEK_ZPVT/UVT	Normalizirane granične vrijednosti kategorija OEK_ZPVT/UVT_norm.
1	HK-K_7B	D/U	<b>0,67</b>	<b>0,6</b>
		U/L	0,45	0,4
		L/VL	0,23	0,2
2	HR-K_8A HK-K_8B HK-K_9B	D/U	<b>0,69</b>	<b>0,6</b>
		U/L	0,46	0,4
		L/VL	0,23	0,2
			0,00	0,0
3	HK-K_10 HK-K_12	D/U	<b>0,62</b>	<b>0,6</b>
		U/L	0,41	0,4
		L/VL	0,20	0,2



Grupa	Tip ZPVT/UVT	Kategorije EP	Granične vrijednosti kategorija OEK_ZPVT/UVT	Normalizirane granične vrijednosti kategorija OEK_ZPVT/UVT_norm.
4	HK-K_13A	D/U	0,64	0,6
	HK-K_13B	U/L	0,43	0,4
		L/VL	0,22	0,2

**Tablica 4.41.** Prikaz linearnih jednadžbi za izračun OEK\_ZPVT/UVT\_norm. prema grupama ZPVT/UVT.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	Jednadžba pravca
1	HK-K_7B	$y = 0,9033x - 0,2069$
	HR-K_8A	
2	HK-K_8B	$y = 0,8678x - 0,1993$
	HK-K_9B	
	HK-K_10	
3	HK-K_12	$y = 0,9604x - 0,1943$
	HK-K_13A	
4	HK-K_13B	$y = 0,9458x - 0,2071$

U Tablici 4.42. prikazane su granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za vrijednosti OEK\_ZPVT/UVT znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije prilagođene prema graničnim vrijednostima kategorija za vrijednosti OEK\_TDI<sub>HR</sub> prirodnih tekućica Dinaridske ekoregije.

**Tablica 4.42.** Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za vrijednosti OEK\_ZPVT/UVT\_norm. znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela Dinaridske ekoregije.

Ekološki potencijal	OEK_ZPVT/UVT_norm.
Referentna vrijednost	1,00
Dobro i bolje	$\geq 0,60$
Umjereno	0,4-0,59
Loše	0,2-0,39
Vrlo loše	$< 0,2$

#### 4.2.4. Ocjena ekološkog potencijala na istraživanim postajama prema fitobentosu

Na temelju predložena tri sustava izračunati su ekološki potencijali za sve osnovne i dodatne postaje znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela obuhvaćenih projektnim zadatkom. Rezultati su prikazani po grupama u Tablicama 4.43. – 4.46.

## Grupa 1

Grupa 1 obuhvaća znatno promijenjena vodna tijela unutar tipova HR-K\_7A, HR-K\_7B. Ekološki potencijal izračunat je prema sva tri pristupa. Ukupan broj postaja te izračunati omjeri ekološke kakvoće prikazani su u Tablici 4.43. Postaje tipa HR-K\_7A nisu uključene u izradu ove studije.

**Tablica 4.43.** Popis postaja te omjeri ekološkog potencijala prema fitobentosu izračunati na tri načina za grupu HR-K\_7A.

Šifra	Mjerna postaja	Tip ZPVT/UVT	TDI <sub>HR</sub>	OEK_TDI <sub>HR</sub>	OEK ZPVT/UVT	OEK ZPVT/UVT – norm.
40432	Vrba, Ojdanići	HR-K_7B	2,24	0,87	0,82	0,53
30006	Curak, nakon HE Munjara	HR-K_7B	2,02	0,93	0,89	0,60
30007	Curak, D.Ložac	HR-K_7B	1,65	1,08	1,03	0,72
31008	Mufrin, Valenti	HR-K_7B	2,52	0,77	0,72	0,44
31031	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	HR-K_7B	1,96	0,98	0,92	0,62
40430	Orašnica, prije utoka u Krku	HR-K_7B	2,47	0,79	0,74	0,46
40431	Orašnica, Kninsko polje	HR-K_7B	2,49	0,78	0,73	0,45
30058	Dubračina, Tribalj; HE Vinodol	HR-K_7B	2,57	0,94	0,70	0,43
30068	Ličanka, ispod CHE Fužine	HR-K_7B	2,31	0,62	0,79	0,51
30069	Ličanka, Fužine, ispod ak. Bajer	HR-K_7B	2,90	0,37	0,59	0,32
30076	Kanal Kostanjevica, prije ak.Bajer	HR-K_7B	1,98	0,76	0,91	0,61
30078	Dubračina, Tribalj, Ričina	HR-K_7B	2,81	0,83	0,62	0,35
31004	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	HR-K_7B	2,67	0,71	0,67	0,40
31005	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	HR-K_7B	2,57	0,75	0,70	0,43
31033	Odvodno preljeveni kanal Botonege, Senjska vala	HR-K_7B	2,09	0,93	0,87	0,58

## Grupa 2

Grupa 2 obuhvaća znatno promijenjena vodna tijela unutar tipova HR-K\_8A, HR-K\_8B, HR-K\_9A, HR-K\_9B. Ekološki potencijal izračunat je prema sva tri pristupa. Ukupan broj postaja te izračunati omjeri ekološke kakvoće prikazani su u Tablici 4.44.

**Tablica 4.44.** Popis postaja te omjeri ekološkog potencijala prema fitobentosu izračunati na tri načina za grupu HR-K\_8A, HR-K\_8B, HR-K\_9B.

Šifra	Mjerna postaja	Tip ZPVT/UVT	TDI <sub>HR</sub>	OEK_TDI <sub>HR</sub>	OEK ZPVT/UVT	OEK ZPVT/UVT norm.
31003	Mirna, Sovinjak-Minjera	HR-K_8B	2,67	0,70	0,64	0,36
40413	Krka, Gradina	HR-K_9B	1,82	1,00	0,92	0,60
40449	Butišnica, prije ak. Golubić	HR-K_8B	1,53	1,11	1,13	0,78
30049	Kanal Gacka, južno od Otočca	HR-K_8A	2,28	0,82	0,77	0,47

Šifra	Mjerna postaja	Tip ZPVT/UVT	TDI <sub>HR</sub>	OEK_TDI <sub>HR</sub>	OEK_ZPV T/UVT	OEK ZPVT/UVT norm.
31007	Mirna, uzv.od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	HR-K_8B	2,61	0,72	0,66	0,37
31010	Mirna, Portonski most	HR-K_8B	2,74	0,67	0,62	0,33
31011	Mirna, Kamenita vrata	HR-K_8B	2,64	0,71	0,72	0,43
31024	Raša, most Mutvica	HR-K_8A	2,53	0,75	0,69	0,40
31026	Raša, most Raša	HR-K_8A	2,49	0,76	0,70	0,41
31078	Boljunčica, r.Letaj	HR-K_8B	2,55	0,74	0,68	0,39
31085	Boljunčica,Kožljak	HR-K_8B	2,99	0,58	0,53	0,26
40454	Butižnica, Bulin most	HR-K_8B	2,32	0,82	0,76	0,46

### Grupa 3

Grupa 3 obuhvaća znatno promijenjena vodna tijela unutar tipova HR-K\_10, HR-K\_12. Ekološki potencijal izračunat je prema sva tri pristupa. Ukupan broj postaja te izračunati omjeri ekološke kakvoće prikazani su u Tablici 4.45.

**Tablica 4.45.** Popis postaja te omjeri ekološkog potencijala potencijala prema fitobentosu izračunati na tri načina za grupu HR-K\_10, HR-K\_12.

Šifra	Mjerna postaja	Tip ZPVT/UVT	TDI <sub>HR</sub>	OEK_TDI <sub>HR</sub>	OEK_ZPVT/UVT	OEK ZPVT/UVT norm.
16015	Kupa, Ozalj	HR-K_12	2,62	0,73	0,76	0,54
30056	Lika - Selište	HR-K_12	2,35	0,80	0,87	0,64
31021	Raša, most Potpićan	HR-K_10	2,56	0,99	0,79	0,56
40116	Zvizda, gornji tok	HR-K_10	1,86	1,28	1,06	0,82
40100	Cetina, kod Zakučca	HR-K_12	2,41	0,79	0,85	0,62
31027	Krbunski potok	HR-K_10	2,14	1,20	0,95	0,72
30077	Lepenica prije ak.Lepenica	HR-K_10	2,45	0,56	0,83	0,60
31025	Obuhvatni kanal Krapanj most u naselju Raša	HR-K_10	2,84	0,63	0,68	0,46
31002	Obuhvatni kanal Krapanj_Podlabin	HR-K_10	2,59	0,98	0,78	0,55
40197	Ričica, nakon utoka Opsenice	HR-K_12	1,80	0,83	1,08	0,84
31028	Vlaški potok (Posert)	HR-K_10	2,10	1,22	0,96	0,73
30059	Rječina, HE Rijeka	HR-K_12	1,50	1,12	1,20	0,96

### Grupa 4

Grupa 4 obuhvaća znatno promijenjena vodna tijela unutar tipova HR-K\_13A, HR-K\_13B. Ekološki potencijal izračunat je prema sva tri pristupa. Ukupan broj postaja te izračunati omjeri ekološke kakvoće prikazani su u Tablici 4.46.

**Tablica 4.46.** Popis postaja te omjeri ekološkog potencijala potencijala prema fitobentosu izračunati na tri načina za grupu HR-K\_13A, HR-K\_13B.

Šifra	Mjerna postaja	Tip ZPVT/UVT	TID <sub>HR</sub>	OEK_TDI <sub>HR</sub>	OEK_ZPVT/UVT	OEK_ZPVT/UVT_norm.
40448	Butižnica, odvodni kanal HE Golubić	HR-K_13A	1,88	0,98	1,03	0,77
31036	O.K. br. 2, naselje Raša Most	HR-K_13B	3,69	0,32	0,34	0,12
31029	O.K. br. 5, kod Most Raša	HR-K_13B	2,35	0,81	0,85	0,60
31016	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	HR-K_13B	2,53	0,75	0,79	0,54
40144	GOK-2, Milanovići	HR-K_13B	2,41	1,02	0,83	0,58
30065	Gusić, Otočac	HR-K_13A	2,01	0,93	0,98	0,72
30057	Gusić, prije akumulacije Gusić	HR-K_13A	2,15	0,88	0,93	0,68
31032	Obuhvatni kanal 3. prije ušća u Mirnu	HR-K_13B	2,50	0,76	0,80	0,55
40309	Vrbica, (Kotarka)	HR-K_13B	3,16	0,53	0,54	0,31
40142	Gornji kanal, prtok Cetine kod Trilja	HR-K_13A	4,58	0,00	0,00	-0,21

Usporedba ocjene ekološkog potencijala prema prvom (OEK\_TDI<sub>HR</sub>) i trećem (OEK\_ZPVT/UVT\_norm.) predloženom pristupu

S obzirom da ocjena ekološkog potencijala izračunata prema trećem pristupu (OEK\_ZPVT/UVT\_norm.) predstavlja strože uvjete od ocjene prema sustavu za prirodne tekućice (OEK\_TDI<sub>HR</sub>), napravljena je usporedba konačnih ocjena prema navedena dva pristupa. Usporedbom je izračunat broj i izražen postotni udio postaja koji se nalazi u lošijoj, odnosno nižoj kategoriji ekološkog potencijala prema trećem pristupu izračuna. Rezultati usporedbe prikazani su u Tablici 4.47.

Prema ekološkom potencijalu izračunatom po trećem pristupu (OEK\_ZPVT/UVT\_norm.) ukupno je 86,7% postaja unutar prve grupe ZPVT/UVT (HK-K\_7B) u nižoj ekološkoj kategoriji u odnosu na ekološki potencijal istih postaja izračunat prema sustavu za prirodne tekućice (OEK\_TDI<sub>HR</sub>). Rezultat postavljanja stožih graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala posebno je izražen i u ostalim grupama ZPVU/UVT. Unutar druge grupe (HK-K\_8A, HK-K\_8B, HK-K\_9B) sve su istraživane postaje ocijenjene kategorijom niže u odnosu na ocjenu prema prirodnom sustavu. Prema trećem pristupu ocjene, 66,6% postaja unutar treće grupe (HK-K\_10 i HK-K\_11) i 80,0% postaja unutar četvrte grupe (HR-R\_13A i HR-R\_13B) u nižoj je kategoriji ekološkog potencijala u odnosu na ocjenu prema prirodnom sustavu.

**Tablica 4.47.** Broj i postotni udio postaja prema grupama ZPVT/UVT čiji ekološki potencijal prema novom sustavu prelazi u nižu kategoriju u odnosu na ocjenu prema sustavu za prirodne tekućice.

Grupa	Tip ZPVT/UVT	OEK_ZPVT/UVT_norm. ista kategorija	OEK_ZPVT/UVT_no rm. kategorija niže	OEK_ZPVT/UVT_no rm. kategorija niže %
1	<b>HK-K_7B</b>	2	13	86,7
2	<b>HR-K_8A</b> <b>HR-K_8B</b> <b>HK-K_9B</b>	0	12	100,0
3	<b>HK-K_10</b> <b>HK-K_12</b>	4	8	66,6
4	<b>HK-K_13A</b> <b>HK-K_13B</b>	2	8	80,0

Ocjene omjera ekološke kakvoće (OEK) postaja uključenih u projekt „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije“ prikazani su u Tablici 4.48. Ocjene su prikazane s obzirom na tri pristupa predložena unutar studije. Radi usporedbe rezultata, prikazan je OEK i ocjena ekološkog potencijala prema sustavu za prirodna vodna tijela (OEK\_TDI<sub>HR</sub>) te ocjene prema sustavu za znatno promjenjene i umjetne tekućice (OEK\_ZPVT/UVT i OEK\_ZPVT/UVT\_norm.)

**Tablica 4.48.** Prikaz ocjene omjera ekološke kakvoće postaja uključenih u projekt „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekuće Dinaridske ekoregije“ prema sustavu za prirodne tekućice (OEK\_TDI<sub>HR</sub>) i predloženom sustavu za ekološki potencijal (OEK\_ZPVT/UVT i OEK\_ZPVT/UVT\_norm.). \*Za ocjenu ekološkog potencijala prema sustavu za prirodne tekućice koristi se indeks koji izračunava omjer ekološke kakvoće (OEK\_TDI<sub>HR</sub>).

Šifra	Tijelo površinske vode 2013	Mjerna postaja	Tip površinske vode	Tip ZPVT/UVT	IC tip	TDI <sub>HR</sub>	Ocjena prema sustavu za prirodne tekućice*		Ocjena prema sustavu za umjetne i znatno promijenjene tekućice			
							OEK_TDI <sub>HR</sub>	Ocjena ekološkog potencijala	OEK_ZPVT/UVT	Ocjena ekološkog potencijala	OEK_ZPV T/UVT_norm.	Ocjena ekološkog potencijala
16015	CSRN0004_010	Kupa, nakon HE Ozalj	HR-R_8B	HR-K_12	HR-R_8B	2,62	0,73	Dobar i bolji	0,76	Dobar i bolji	0,54	Umjeren
30006	CSRN0189_001	Curak, nakon HE Munjara	HR-R_6	HR-K_7B	R-EX7	2,02	0,93	Dobar i bolji	0,89	Dobar i bolji	0,60	Dobar i bolji
30007	CSRN0189_001	Curak, D.Ložac	HR-R_6	HR-K_7B	R-EX7	1,65	1,08	Dobar i bolji	1,03	Dobar i bolji	0,72	Dobar i bolji
30049	JKRN0060_001	Kanal Gacka, južno od Otočca	HR-R_9	HR-K_8A	R-EX8	2,28	0,82	Dobar i bolji	0,77	Dobar i bolji	0,47	Umjeren
30056	JKRN0012_001	Lika - Selište	HR-R_9	HR-K_12	R-EX8	2,35	0,80	Dobar i bolji	0,87	Dobar i bolji	0,64	Dobar i bolji
30057	JKRN0060_001	Gusić, prije akumulacije Gusić	HR-R_9	HR-K_13A	R-EX8	2,15	0,88	Dobar i bolji	0,93	Dobar i bolji	0,68	Dobar i bolji
30058	JKRN0089_001	Dubračina, Tribalj; HE Vinodol	HR-R_16B	HR-K_7B	R-M5	2,57	0,94	Dobar i bolji	0,70	Dobar i bolji	0,43	Umjeren
30059	JKRN0058_001	Rječina, HE Rijeka	HR-R_12	HR-K_12	R-M2	1,50	1,12	Dobar i bolji	1,20	Dobar i bolji	0,96	Dobar i bolji
30065	JKRN0060_001	Gusić, Otočac	HR-R_9	HR-K_13A	R-EX8	2,01	0,93	Dobar i bolji	0,98	Dobar i bolji	0,72	Dobar i bolji
30068	JKRN0078_003	Ličanka, ispod CHE Fužine	HR-R_10A	HR-K_7B	HR-R_10A	2,31	0,62	Dobar i bolji	0,79	Dobar i bolji	0,51	Umjeren
30069	JKRN0078_003	Ličanka, Fužine, ispod ak. Bajer	HR-R_10A	HR-K_7B	HR-R_10A	2,90	0,37	Loš	0,59	Umjeren	0,32	Loš
30076	JKRN0249_001	Kanal Kostanjevica, prije ak.Bajer	HR-R_10A	HR-K_7B	HR-R_10A	1,98	0,76	Dobar i bolji	0,91	Dobar i bolji	0,61	Dobar i bolji
30077	JKRN0211_002	Lepenica_prije ak.Lepenica	HR-R_10A	HR-K_10	HR-R_10A	2,45	0,56	Umjeren	0,83	Dobar i bolji	0,60	Dobar i bolji
30078	JKRN0089_001	Dubračina, Tribalj, Ričina	HR-R_16B	HR-K_7B	R-M5	2,81	0,83	Dobar i bolji	0,62	Umjeren	0,35	Loš
31002	JKRN0135_001	Obuhvatni kanal Krapanj_Podlabin	HR-R_19	HR-K_10	R-M5	2,59	0,98	Dobar i bolji	0,78	Dobar i bolji	0,55	Umjeren
31003	JKRN0024_004	Mirna, Sovinjak-Minjera	HR-R_18	HR-K_8B	R-M2	2,67	0,70	Dobar i bolji	0,64	Umjeren	0,36	Loš
31004	JKRN0288_001	Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	HR-R_17	HR-K_7B	R-M1	2,67	0,71	Dobar i bolji	0,67	Dobar i bolji	0,40	Umjeren
31005	JKRN0203_001	Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	HR-R_17	HR-K_7B	R-M1	2,57	0,75	Dobar i bolji	0,70	Dobar i bolji	0,43	Umjeren
31007	JKRN0024_004	Mirna, uzv.od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	HR-R_18	HR-K_8B	R-M2	2,61	0,72	Dobar i bolji	0,66	Dobar i bolji	0,37	Loš
31026	JKRN0032_001	Raša, most Raša	HR-R_18	HR-K_8A	R-M2	2,49	0,76	Dobar i bolji	0,70	Dobar i bolji	0,41	Umjeren
31027	JKRN0032_002	Krbunski potok	HR-R_19	HR-K_10	R-M5	2,14	1,20	Dobar i bolji	0,95	Dobar i bolji	0,72	Dobar i bolji
31028	JKRN0032_002	Vlaški potok (Posert)	HR-R_19	HR-K_10	R-M5	2,10	1,22	Dobar i bolji	0,96	Dobar i bolji	0,73	Dobar i bolji
31029	JKRN0199_001	O.K. br. 5, kod Most Raša	HR-R_18	HR-K_13B	R-M2	2,35	0,81	Dobar i bolji	0,85	Dobar i bolji	0,60	Dobar i bolji
31032	JKRN0210_001	Obuhvatni kanal 3. prije ušća u Mirnu	HR-R_18	HR-K_13B	R-M2	2,50	0,76	Dobar i bolji	0,80	Dobar i bolji	0,55	Umjeren
31033	JKRN0223_001	Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	HR-R_17	HR-K_7B	R-M1	2,09	0,93	Dobar i bolji	0,87	Dobar i bolji	0,58	Umjeren

Šifra	Tijelo površinske vode 2013	Mjerna postaja	Tip površinske vode	Tip ZPVT/UVT	IC tip	TDI <sub>HR</sub>	Ocjena prema sustavu za prirodne tekućice*		Ocjena prema sustavu za umjetne i znatno promijenjene tekućice			
							OEK_TDI <sub>HR</sub>	Ocjena ekološkog potencijala	OEK_ZPVT/UVT	Ocjena ekološkog potencijala	OEK_ZPV T/UVT_norm.	Ocjena ekološkog potencijala
31036	JKRN0280_001	O.K. br. 2, naselje Raša Most	HR-R_18	HR-K_13B	R-M2	3,69	0,32	Loš	0,34	Loš	0,12	Vrlo loš
31078	JKRN0051_001	Boljunčica, r.Letaj	HR-R_18	HR-K_8B	R-M2	2,55	0,74	Dobar i bolji	0,68	Dobar i bolji	0,39	Loš
40100	JKRN0002_001	Cetina, kod Zakučca	HR-R_13	HR-K_12	R-M2	2,41	0,79	Dobar i bolji	0,85	Dobar i bolji	0,62	Dobar i bolji
40116	JKRN0054_001	Zvizda, gornji tok	HR-R_16A	HR-K_10	R-M5	1,86	1,28	Dobar i bolji	1,06	Dobar i bolji	0,82	Dobar i bolji
40144	JKRN0168_001	GOK-2, Milanovići	HR-R_16A	HR-K_13B	R-M5	2,41	1,02	Dobar i bolji	0,83	Dobar i bolji	0,58	Umjeren
40197	JKRN0061_002	Ričica, nakon utoka Opsenice	HR-R_10A	HR-K_12	HR-R_10A	1,80	0,83	Dobar i bolji	1,08	Dobar i bolji	0,84	Dobar i bolji
40309	JKRN0027_001	Vrbica, (Kotarka)	HR-R_15A	HR-K_13B	R-M1	3,16	0,53	Umjeren	0,54	Umjeren	0,31	Loš
40413	JKRN0005_004	Krka, Gradina	HR-R_13A	HR-K_9B	R-M2	1,82	1,00	Dobar i bolji	0,92	Dobar i bolji	0,60	Dobar i bolji
40448	JKRN0033_002	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	HR-R_12	HR-K_13A	R-M2	1,88	0,98	Dobar i bolji	1,03	Dobar i bolji	0,77	Dobar i bolji
40449	JKRN0033_001	Butižnica, prije ak. Golubić	HR-R_12	HR-K_8B	R-M2	1,53	1,11	Dobar i bolji	1,13	Dobar i bolji	0,78	Dobar i bolji



#### 4.2.5. Odnosi indeksa ( $TDI_{HR}$ ) i Omjera ekološke kakvoće (OEK) sa osnovnim fizikalno-kemijskim pokazateljima; analiza pritisaka i odaziv zajednice dijatomeja

Razvijeni sustav ocjene ekološkog potencijala testiran je s obzirom na odgovor sustava na fizikalno-kemijske pokazatelje. U tu svrhu, osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji korelirani su sa izabranim indeksom, trofičkim indeksom dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) te omjerom ekološkog stanja za prirodna vodna tijela ( $OEK\_TDI_{HR}$ ) i ekološkog potencijala ( $OEK\_ZPVT/UVT$  te  $OEK\_ZPVT/UVT\_norm.$ ). Odnosi među spomenutim pokazateljima opisani su Spearmanovim koeficijentom korelacije obzirom na prirodu distribucije podataka. Kao ulazni podaci korištene su srednje godišnje vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja te godišnji medijani fizikalno-kemijskih pokazatelja. Naime, srednje godišnje vrijednosti pokazatelja koristile se u interkalibracijskim procesima kao standardan oblik praćenja pokazatelja. S druge strane, u obzir je uzeta i činjenica da se prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) fizikalno-kemijski pokazatelji u Republici Hrvatskoj ocjenjuju na temelju medijana godišnjih vrijednosti.

Srednje godišnje vrijednosti te medijani godišnjih vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja korišteni su kako bi se ispitali i provjerili odzivi izračunatih metrika svih triju testiranih pristupa na iste. Tablični prikaz rezultata odnosa indeksa i svih izračunatih OEK-a sa srednjim godišnjim vrijednostima osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja prikazan je u Tablici 4.49. Rezultati odnosa indeksa te svih izračunatih OEK-a i medijana godišnjih vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja prikazani su u Tablici 4.50. Obzirom na navedeno, izračunate metrike pokazuju sličan odaziv na srednje godišnje vrijednosti kao i na medijane godišnjih vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja. Uporedbom Tablica 4.49. i 4.50. može se zaključiti kako je broj pokazatelja na koje je  $TDI_{HR}$  dao statistički značajan odaziv veći za srednje godišnje vrijednosti (15), u odnosu na medijane godišnjih vrijednosti pokazatelja (13), kao što je i slučaj sa svim vrijednostima OEK-a. Nadalje, od svih predloženih OEK-a, statistički najznačajniji odaziv na najvažnije pokazatelje, kao što su ukupni dušik, ukupni fosfor, otopljeni silikati i otopljeni kisik, imao je  $OEK\_TDI_{HR}$ . Stoga su kao najrelevantniji odnosi u nastavku opisani samo odgovori Trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) i Omjera ekološke kakvoće ( $OEK\_TDI_{HR}$ ) na srednje godišnje vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja prikazani u Tablici 4.49. Najvažniji odabrani odgovori navedenih metrika ( $TDI_{HR}$ ,  $OEK\_TDI_{HR}$ ) na srednje godišnje vrijednosti osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja prikazani su grafički na Slikama 4.11. do 4.14.

Prema Spearmanovom koeficijentu korelacije, Trofički indeks dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) imao je najveći pozitivan odaziv na sljedeće pokazatelje: kemijska potrošnja kisika (KPK-Mn) ( $mgO_2/l$ ) ( $r=0,695^{**}$ ;  $p=0,000$ ), nitriti ( $mgN/l$ ) ( $r=0,617^{**}$ ;  $p=0,000$ ), temperatura vode ( $^{\circ}C$ ) ( $r=0,568^{**}$ ;  $p=0,000$ ), organski dušik ( $mgN/l$ ) ( $r=0,598^{**}$ ;  $p=0,000$ ), otopljeni organski ugljik (DOC) ( $mgC/l$ ) ( $r=0,473^{**}$ ;  $p=0,000$ ), ukupni fosfor ( $mgP/l$ ) ( $r=0,451^{**}$ ;  $p=0,000$ ), ortofosfati otopljeni ( $mgP/l$ ) ( $r=0,411^{**}$ ;  $p=0,000$ ).

Odgovor Omjera ekološke kakvoće ( $OEK\_TDI_{HR}$ ) statistički je pozitivno značajan na sljedeće fizikalno-kemijske pokazatelje: kemijska potrošnja kisika (KPK-Mn) ( $mgO_2/l$ ) ( $r=0,532^{**}$ ;



p=0,000), organski dušik (mgN/l) ( $r=0,431^{**}$ ;  $p=0,002$ ), ukupni fosfor (mgP/l) ( $r=0,382^{**}$ ;  $p=0,007$ ), ukupni organski ugljik (TOC) (mgC/l) ( $r=0,362^{**}$ ;  $p=0,011$ ), otopljeni organski ugljik (DOC) (mgC/l) ( $r=0,355^{**}$ ;  $p=0,025$ ), temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $r=0,327^{**}$ ;  $p=0,023$ ), nitriti (mgN/l) ( $r=0,301^{**}$ ;  $p=0,033$ ). Svi prethodno navedeni odnosi statistički su značajni pri vrijednostima  $p \leq 0.01$ . Odnosi metrika sa organskom tvari i ukupnim fosforom jakom statističkom značajnošću podupiru odabir prvog pristupa, odnosno izračuna ekološkog potencijala prema prirodnim vodnim tijelima, kao najboljeg u praćenju eutrofikacije kao primarnog pritiska na zajednice dijatomeja u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima. Morfološke i ekološke značajke bentoskih dijatomeja čine ih jednim od najboljih bioindikatora pritiska poput antropogene eutrofikacije, prvenstveno u obliku organskog onečišćenja i ukupne koncentracije fosfora.

**Tablica 4.49.** Vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije TDI<sub>HR</sub>, OEK\_TDI<sub>HR</sub>, OEK\_ZPVT/UVT, OEK\_ZPVT/UVT\_norm. sa srednjim godišnjim vrijednostima fizikalno-kemijskih pokazatelja.

Spearman's rho	TDI <sub>HR</sub>			OEK_TDI <sub>HR</sub>			OEK_ZPVT/UVT			OEK_ZPVT/UVT_norm.		
	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N
Alkalitet m-vrijednost (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	,205	,162	48	-,031	,833	48	-,170	,247	48	-,274	,060	48
Boja (mg/l Pt/Co)	,236	,137	41	-,358*	<b>,022</b>	41	-,283	<b>,073</b>	41	-,230	,148	41
Električna vodljivost pri 25°C (µS/cm)	,085	,563	48	,143	,333	48	-,021	,889	48	-,173	,239	48
pH vrijednost	-,118	,425	48	,072	,629	48	,092	,533	48	,161	,273	48
Suspendirane tvari ukupne (mg/l)	,310*	<b>,032</b>	48	-,007	,965	48	-,197	,179	48	-,267	,067	48
Temperatura vode (°C)	,568**	<b>,000</b>	48	-,327*	<b>,023</b>	48	-,464**	<b>,001</b>	48	-,509**	<b>,000</b>	48
Tvrdoća ukupna (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	,110	,455	48	,127	,390	48	-,035	,814	48	-,194	,187	48
Amonij (mg N/l)	,575**	<b>,000</b>	48	-,417**	<b>,003</b>	48	-,504**	<b>,000</b>	48	-,391**	<b>,006</b>	48
Anorganski dušik (mg N/l)	,227	,121	48	-,139	,345	48	-,235	,108	48	-,215	,142	48
Nitrati (mg N/l)	,232	,109	49	-,158	,279	49	-,251	<b>,082</b>	49	-,219	,130	49
Nitriti (mg N/l)	,617**	<b>,000</b>	49	-,301*	<b>,036</b>	49	-,434**	<b>,002</b>	49	-,433**	<b>,002</b>	49
Organski dušik (mg N/l)	,598**	<b>,000</b>	49	-,431**	<b>,002</b>	49	-,524**	<b>,000</b>	49	-,476**	<b>,001</b>	49
Ortofosfati otopljeni (mg P/l)	,411**	<b>,003</b>	49	-,299*	<b>,037</b>	49	-,397**	<b>,005</b>	49	-,327*	<b>,022</b>	49
Otopljeni organski ugljik (DOC) (mg C/l)	,473**	<b>,002</b>	40	-,355*	<b>,025</b>	40	-,389*	<b>,013</b>	40	-,275	,086	40
Ukupni dušik (mg N/l)	,388**	<b>,006</b>	49	-,288*	<b>,045</b>	49	-,399**	<b>,005</b>	49	-,357*	<b>,012</b>	49
Ukupni fosfor (mg P/l)	,451**	<b>,001</b>	49	-,382**	<b>,007</b>	49	-,386**	<b>,006</b>	49	-,442**	<b>,001</b>	49
Ukupni organski ugljik (TOC) (mg C/l)	,396**	<b>,005</b>	48	-,362*	<b>,011</b>	48	-,360*	<b>,012</b>	48	-,258	,076	48
Kalcij (mg/l)	,077	,612	46	,130	,390	46	-,052	,734	46	-,253	,090	46
Kalij (mg/l)	,570**	<b>,000</b>	42	-,233	,137	42	-,468**	<b>,002</b>	42	-,531**	<b>,000</b>	42
Kloridi (mg/l)	,413**	<b>,005</b>	45	-,266	<b>,077</b>	45	-,296*	,048	45	-,246	,103	45
Magnezij (mg/l)	-,293*	<b>,048</b>	46	,405**	<b>,005</b>	46	,298*	,044	46	,239	,109	46
Natrij (mg/l)	,432**	<b>,004</b>	42	-,262	<b>,094</b>	42	-,319*	<b>,039</b>	42	-,302	,052	42
Silikati otopljeni (mg SiO <sub>2</sub> /l)	-,088	,615	35	,127	,469	35	,068	,700	35	,009	,961	35
Sulfati (mg/l)	,094	,552	42	,160	,311	42	-,063	,694	42	-,223	,155	42
BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	,107	,463	49	-,159	,276	49	-,211	,145	49	-,084	,568	49
KPK-Mn (mg O <sub>2</sub> /l)	,695**	<b>,000</b>	49	-,532**	<b>,000</b>	49	-,626**	<b>,000</b>	49	-,575**	<b>,000</b>	49
Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	-,257	,075	49	,142	,331	49	,089	,545	49	,148	,311	49
Zasićenje kisikom (%)	-,015	,916	49	,002	,991	49	-,113	,438	49	-,040	,787	49

\*\* . Korelacija je značajna na razini p<0,01.

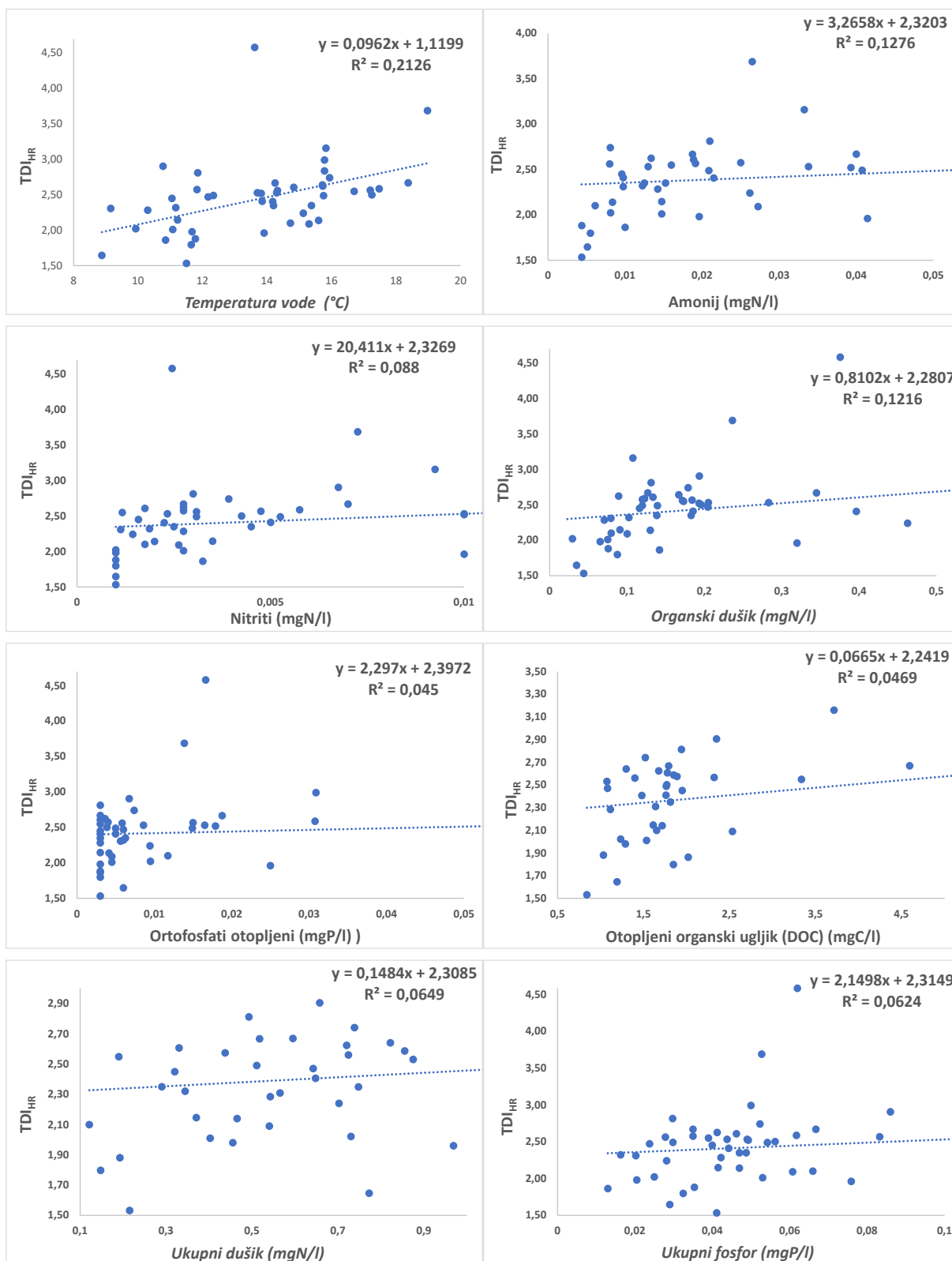
\* . Korelacija je značajna na razini p<0,05.

**Tablica 4.50.** Prikaz Spearman korelacije TDI<sub>HR</sub>, OEK\_TDI<sub>HR</sub>, OEK\_ZPVT/UVT, OEK\_ZPVT/UVT\_norm. s medijanima godišnjih vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja.

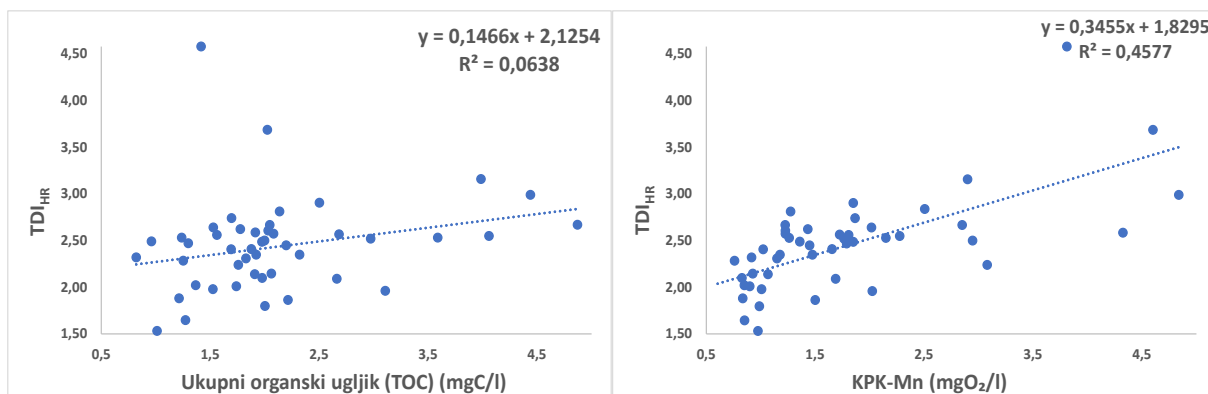
Spearman's rho	TDI <sub>HR</sub>			OEK_TDI <sub>HR</sub>			OEK_ZPVT/UVT			OEK_ZPVT/UVT_norm.		
	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N	Korelacijski koeficijent	p-vrijednost	N
Alkalitet m-vrijednost (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	,219	,135	48	-,037	,804	48	-,189	,199	48	-,286*	,049	48
Temperatura vode (°C)	,491**	,000	48	-,323*	,025	48	-,393**	,006	48	-,467**	,001	48
Tvrdoća ukupna (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	,096	,515	48	,064	,664	48	-,079	,593	48	-,203	,167	48
Amonij (mg N/l)	,605**	,000	48	-,387**	,007	48	-,472**	,001	48	-,373**	,009	48
Anorganski dušik (mg N/l)	,196	,183	48	-,142	,336	48	-,238	,103	48	-,191	,193	48
Nitrati (mg N/l)	,173	,239	48	-,110	,455	48	-,217	,138	48	-,171	,244	48
Nitriti (mg N/l)	,543**	,000	48	-,250	,086	48	-,400**	,005	48	-,379**	,008	48
Organski dušik (mg N/l)	,554**	,000	48	-,442**	,002	48	-,493**	,000	48	-,529**	,000	48
Ortofosfati otopljeni (mg P/l)	,355*	,013	48	-,254	,082	48	-,372**	,009	48	-,299*	,039	48
Otopljeni organski ugljik (DOC) (mg C/l)	,462**	,003	39	-,362*	,023	39	-,386*	,015	39	-,318*	,049	39
Ukupni dušik (mg N/l)	,371**	,009	48	-,319*	,027	48	-,415**	,003	48	-,370**	,010	48
Ukupni fosfor (mg P/l)	,500**	,000	48	-,402**	,005	48	-,504**	,000	48	-,448**	,001	48
Ukupni organski ugljik (TOC) (mg C/l)	,328*	,024	47	-,315*	,031	47	-,288*	,049	47	-,249	,092	47
Kalcij (mg/l)	,107	,482	45	,051	,741	45	-,113	,461	45	-,257	,089	45
Kalij (mg/l)	,531**	,000	41	-,278	,078	41	-,459**	,003	41	-,535**	,000	41
Kloridi (mg/l)	,453**	,002	44	-,368*	,014	44	-,346*	,021	44	-,309*	,041	44
Magnezij (mg/l)	-,230	,129	45	,253	,094	45	,217	,152	45	,207	,172	45
Natrij (mg/l)	,397*	,010	41	-,299	,058	41	-,315*	,045	41	-,326*	,038	41
Silikati otopljeni (mg SiO <sub>2</sub> /l)	-,042	,812	34	,119	,503	34	,081	,650	34	-,058	,746	34
Sulfati (mg/l)	,141	,379	41	,046	,775	41	-,133	,407	41	-,233	,142	41
BPK <sub>s</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	,188	,202	48	-,254	,082	48	-,277	,057	48	-,162	,273	48
KPK-Mn (mg O <sub>2</sub> /l)	,699**	,000	48	-,610**	,000	48	-,629**	,000	48	-,586**	,000	48
Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	-,149	,314	48	,115	,435	48	-,002	,988	48	,112	,450	48
Zasićenje kisikom (%)	,093	,530	48	,074	,619	48	-,193	,188	48	-,110	,456	48

\*\* . Korelacija je značajna na razini p<0,01.

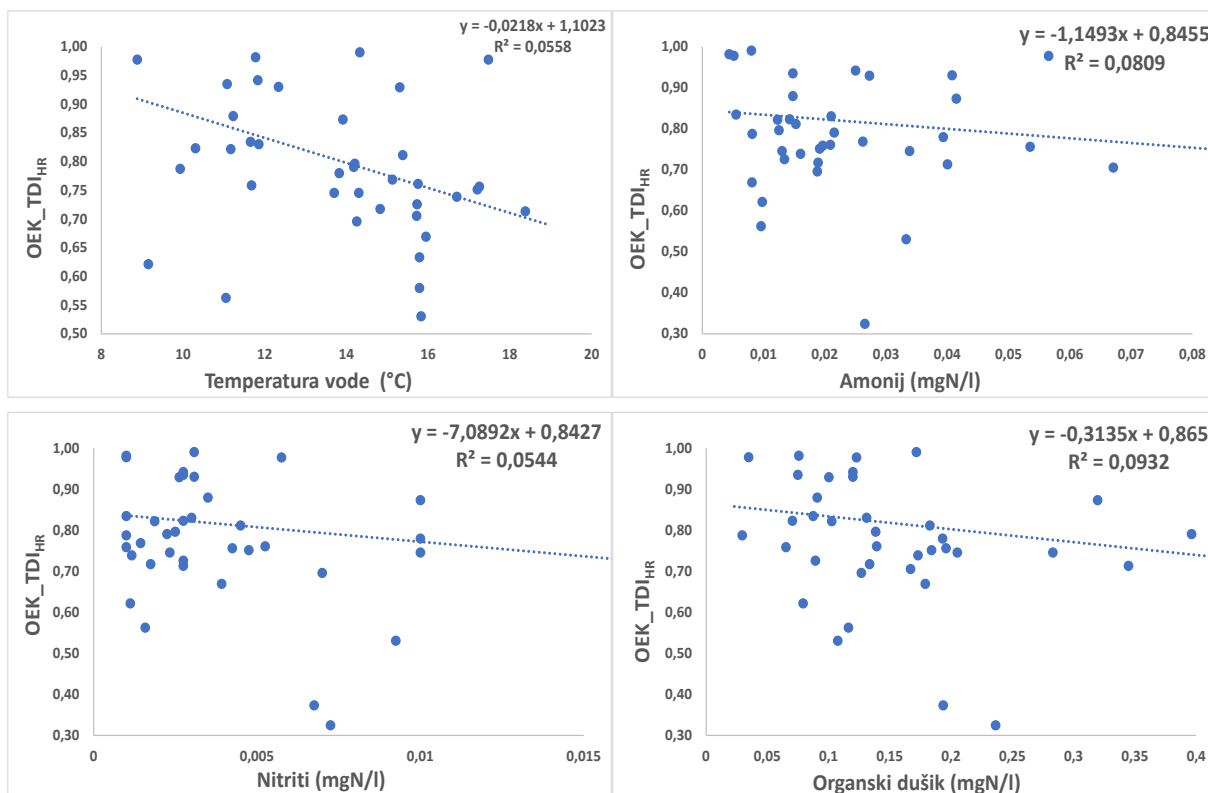
\* . Korelacija je značajna na razini p<0,05.



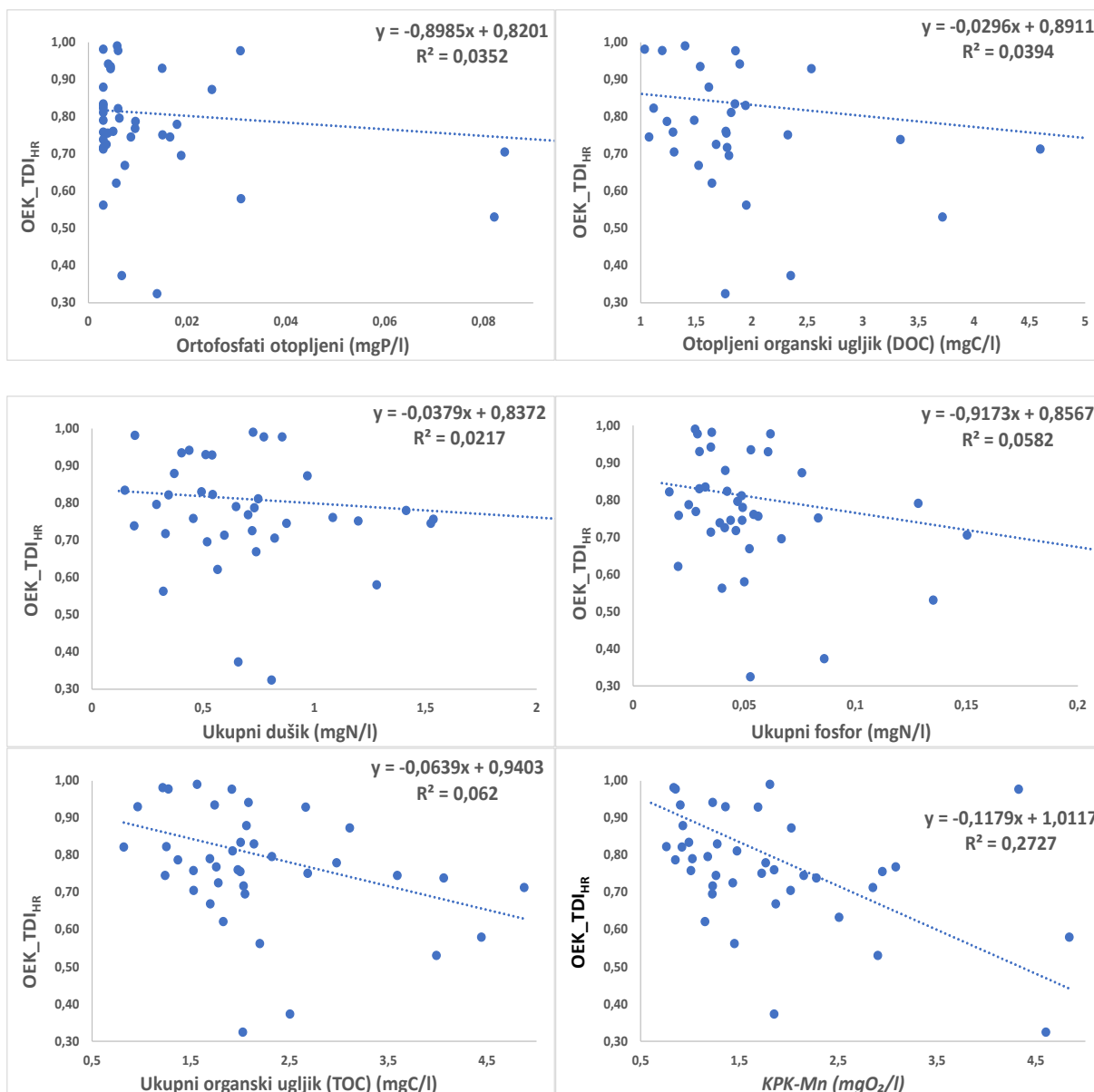
**Slika 4.11.** Grafički prikaz linearne regresije trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) i srednjih godišnjih vrijednosti temperature ( $^{\circ}C$ ), amonija (mg N/l), nitrita (mg N/l), organskog dušika (mg N/l), ortofosfata (mg P/l), otopljenog organskog ugljika (DOC) (mg C/l), ukupnog dušika (mg N/l) te ukupnog fosfora (mg P/l) u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije.



**Slika 4.12.** Grafički prikaz linearne regresije trofičkog indeksa dijatomeja ( $TDI_{HR}$ ) i srednjih godišnjih vrijednosti ukupnog organskog ugljika (TOC) ( $mgC/l$ ) i kemijske potrošnje kisika (KPK-Mn) ( $mg O_2/l$ ) u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije.



**Slika 4.13.** Grafički prikaz linearne regresije omjera ekološke kakvoće trofičkog indeksa dijatomeja ( $OEK\_TDI_{HR}$ ) i srednjih godišnjih vrijednosti temperature ( $^{\circ}C$ ), amonij ( $mg N/l$ ), nitrita ( $mg N/l$ ) i organskog dušika ( $mg N/l$ ) u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije.



**Slika 4.14.** Grafički prikaz linearne regresije omjera ekološke kakvoće trofičkog indeksa dijatomeja (OEK\_TDI<sub>HR</sub>) i srednjih godišnjih vrijednosti ortofosfata (mg P/l), otopljenog organskog ugljika (DOC) (mg C/l), ukupnog dušika (mg N/l), ukupnog fosfora (mg P/l), ukupnog organskog ugljika (TOC) (mg C/l) i kemijske potrošnje kisika (KPK-Mn) (mg O<sub>2</sub>/l) u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije.

#### 4.2.6. Analiza strukturalne različitosti dijatomejskih zajednica na istraživanim postajama Dinaridske ekoregije

Na osnovi izračunatog EP prema OEK\_TDIHR napravljena je analiza strukture dijatomejskih zajednica na istraživanim postajama Dinaridske ekoregije. Sličnosti dijatomejskih zajednica u različitim kategorijama (grupama) ekološkog potencijala utvrđena je na osnovu SIMPER analize u statističkom programu Primer v7 (Gorley i Clarke, 2015.), pri čemu je korištena log transformacija podataka o relativnoj učestalosti na osnovu Bray-Curtis sličnosti (do 90% doprinosa prosječnoj sličnosti). Ista je analiza korištena i za utvrđivanje vrsta dijatomeja koje najviše doprinose (do 90% kumulativnog doprinosa) u prosječnoj različitosti i sličnosti između različitih kategorija ekološkog potencijala (Dobar i bolji, Umjeren, Loš i Vrlo loš).

Dvije vrste najviše doprinose u uočenoj sličnosti, dok su ostale vrste sa značajnim doprinosom imale mali doprinos sličnosti (Tablica 4.51.). Grupne sličnosti bile su relativno niske, što ukazuje na visoku varijabilnost unutar pojedinih kategorija ekološkog potencijala. *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki najviše doprinosi sličnosti unutar grupe Dobar i bolji ekološki potencijal, a donekle i vrste *Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) H.Kobayasi, *Encyonopsis minuta* Krammer & E.Reichardt i *Cocconeis placentula* Ehrenberg. Najveći doprinos sličnosti unutar grupe Loš ekološki potencijal daju vrste *Achnanthydium minutissimum* i *Cocconeis placentula*. Zbog jako malog broja uzoraka (postaja), sličnosti unutar ostalih dviju kategorija ekološkog potencijala (kategorija Umjeren – samo jedna postaja, kategorija Loš – dvije postaje) nisu bile statistički obradive, stoga su opisi sličnosti unutar navedenih kategorija izrađeni prema tablicama s relativnim učestalostima dijatomejskih vrsta. Najviši doprinos u relativnoj učestalosti dijatomeja u postaji klasificiranoj kao Umjeren ekološki potencijal imale su vrste *Navicula rostellata* Kützing, *Eolimna subminuscula* (Manguin) Gerd Moser, Lange-Bertalot & D.Metzeltin, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Planothydium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Round & L.Bukhtiyarova i *Navicula erifuga* Lange-Bertalot. Unutar grupe Vrlo loš ekološki potencijal, sličnostima između dvije postaje najviše doprinose vrste *Achnanthydium minutissimum* i *Cocconeis placentula*.

**Tablica 4.51.** Simper analiza na Bray-Curtis matrici sličnosti vrsta na osnovi brojnosti (relativne učestalosti) dijatomeja. Vrste s najvećim doprinosom sličnosti unutar kategorija ekološkog potencijala su izdvojene.

Grupa Dobar i bolji Srednja sličnost: 25,69			
Vrsta	Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativan doprinos %
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	3,15	41,15	41,15
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	1,33	8,40	49,55
<i>Encyonopsis minuta</i>	1,09	8,14	57,70
<i>Cocconeis placentula</i>	0,72	5,02	62,72
<i>Denticula tenuis</i>	0,84	4,51	67,23
<i>Encyonema minutum</i>	0,63	3,84	71,07
<i>Amphora pediculus</i>	0,53	2,98	74,05

Grupa Loš			
Srednja sličnost: 29,16			
Vrsta	Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativan doprinos %
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	4,06	63,62	63,62
<i>Cocconeis placentula</i>	2,34	28,68	92,30

Prema SIMPER analizi utvrđene su velike prosječne različitosti između kategorija ekološkog potencijala (76,45 – 100,00%, Tablica 4.52.). Prosječne razlike kategorija su sljedeće: kategorije Dobar i bolji te Umjeren ekološki potencijal prosječno su se razlikovale za 88%, kategorije Dobar i bolji te Loš ekološki potencijal za 76%, kategorije Dobar i bolji te Vrlo loš ekološki potencijal za 97%, a kategorije Umjeren te Loš ekološki potencijal za 88%. Tako visok postotak različitosti ukazuje na izuzetan bioindikatorski značaj i snagu dijatomejske zajednice u opisu ekološkog potencijala znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, odnosno robustnost, ali i osjetljivost dijatomejskih vrsta u prikazu ekološkog raslojavanja vodnih tijela na različite kategorije ekološkog potencijala, ovisno o prevladavajućim okolišnim uvjetima.

Klase Dobar i bolji te Umjeren ekološki potencijal razlikovale su se prema doprinosima vrsta *Navicula rostellata*, *Eolimna subminuscula*, *Navicula erifuga* te *Ulnaria ulna* u klasi Umjeren ekološki potencijal, odnosno vrsta *Achnanthydium pyrenaicum*, *Encyonopsis minuta*, *Denticula tenuis* Kützing i *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann u klasi Dobar i bolji ekološki potencijal. Grupe Dobar i bolji i Loš ekološki potencijal razlikovale su se doprinosom vrsta *Achnanthydium pyrenaicum*, *Encyonopsis minuta*, *Denticula tenuis* i *Encyonema minutum* u grupi Dobar i bolji ekološki potencijal, te vrsta *Gomphonema* spp. Ehrenberg, *Navicula upsaliensis* (Grunow) M.Peragallo, *Navicula reichardtiana* Lange-Bertalot, *Nitzschia dealpina* Lange-Bertalot & G.Hofmann i *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer & Lange-Bertalot u grupi Loš ekološki potencijal. Prema usporedbi kategorija Dobar i bolji te Vrlo loš ekološki potencijal, razlikama su najviše doprinijele vrste roda *Achnanthydium* (*A. minutissimum*, *A. pyrenaicum*), zatim *Encyonopsis minuta*, *Denticula tenuis*, *Cocconeis placentula* i *Encyonema minutum* za grupu Dobar i bolji ekološki potencijal, odnosno vrste *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, *Navicula moenofranconica* Lange-Bertalot, *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg, *Epithemia muelleri* Fricke i *Melosira* sp. C.Agardh za grupu Vrlo loš ekološki potencijal. Klase Umjeren i Loš ekološki potencijal razlikovale su se prema doprinosima vrsta *Navicula rostellata*, *Eolimna subminuscula*, *Planothidium frequentissimum*, *Navicula erifuga*, *Lemnicola hungarica* (Grunow) Round & Basson i *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith u klasi Umjeren ekološki potencijal, odnosno vrsta *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck, *Gomphonema* spp. Ehrenberg, vrsta roda *Navicula* (*Navicula upsaliensis*, *N. reichardtiana* Lange-Bertalot, *N. viridula*, *N. cryptotenella* Lange-Bertalot) te *Nitzschia draveillensis* Coste & Ricard u klasi Loš. Klase Umjeren i Vrlo loš ekološki potencijal razlikovale su se doprinosom vrsta *Navicula rostellata*, *Eolimna subminuscula*, *Ulnaria ulna*, *Planothidium frequentissimum*, *Navicula erifuga*, *Lemnicola hungarica* i *Cyclotella meneghiniana* Kützing u klasi Umjeren ekološki potencijal, te vrsta *Planothidium lanceolatum*, *Navicula moenofranconica*, *Navicula viridula*, *Epithemia*



*muelleri*, *Melosira* sp. te *Nitzschia palea* var. *tenuirostris* Grunow u klasi Vrlo loš ekološki potencijal. Prema usporedbi grupa Loš i Vrlo loš ekološki potencijal, razlikama su najviše doprinijele vrste *Achnanthydium minutissimum*, *Planothydium lanceolatum*, vrste roda *Cocconeis* (*Cocconeis placentula*, *C. placentula* var. *lineata*), *Gomphonema* spp., vrste roda *Navicula* (*Navicula upsaliensis*, *N. reichardtiana*) te *Nitzschia draveillensis* za grupu Loš ekološki potencijal, odnosno *Melosira* sp., *Gomphonema procerum* E.Reichardt & Lange-Bertalot, *Craticula accomoda* (Hustedt) D.G.Mann, *Ulnaria ulna* var. *danica* (Kützing) M.A.Harper za grupu Vrlo loš ekološki potencijal.

**Tablica 4.52.** Simper analiza na Bray-Curtis matrici sličnosti vrsta na osnovi brojnosti (relativne učestalosti) dijatomeja s prikazom doprinosa vrsta u različitosti između kategorija ekološkog potencijala Dobar i bolji i Umjeren.

Grupe: Dobar i bolji – Umjeren				
Srednja različitost: = 88,11				
Vrsta	Grupa Dobar i bolji Brojnost (sr. vr.)	Grupa Umjeren Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
<i>Navicula rostellata</i>	0,02	3,05	6,57	6,57
<i>Eolimna subminuscula</i>	0,01	2,9	6,27	12,84
<i>Navicula erifuga</i>	0	2,45	5,31	18,15
<i>Ulnaria ulna</i>	0,21	2,64	5,3	23,45
<i>Planothydium frequentissimum</i>	0,11	2,47	5,12	28,57
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	3,15	1,16	4,61	33,18
<i>Lemnicola hungarica</i>	0	1,78	3,85	37,03
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,06	1,59	3,33	40,36
<i>Gomphonema parvulum</i>	0,10	1,43	2,89	43,25
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	1,33	0	2,89	46,14
<i>Nitzschia palea</i>	0,38	1,54	2,63	48,77
<i>Encyonopsis minuta</i>	1,09	0	2,36	51,13
<i>Navicula veneta</i>	0,13	1,16	2,32	53,46
<i>Melosira varians</i>	0,05	1,09	2,24	55,7
<i>Denticula tenuis</i>	0,84	0	1,86	57,56
<i>Encyonema minutum</i>	0,63	0	1,34	58,91
<i>Cocconeis placentula</i>	0,72	0,80	1,26	60,17
<i>Amphora pediculus</i>	0,53	0	1,10	61,27
<i>Cocconeis pediculus</i>	0,40	0,40	0,98	62,25
<i>Cocconeis euglypta</i>	0,44	0	0,92	63,17
<i>Brachysira neoexilis</i>	0,19	0,40	0,91	64,09
<i>Fragilaria pinnata</i>	0,43	0	0,90	64,99
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0,14	0,40	0,87	65,86
<i>Craticula buderii</i>	0	0,40	0,87	66,72

Grupe: Dobar i bolji - Loš				
Srednja različitost: = 76,45				
Vrsta	Grupa Dobar i bolji	Grupa Loš	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
	Brojnost (sr. vr.)	Brojnost (sr. vr.)		
<i>Cocconeis placentula</i>	0,72	2,34	4,99	4,99
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	1,33	0	4,08	9,08
<i>Gomphonema</i> spp.	0,17	1,36	3,66	12,73
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	3,15	4,06	3,42	16,16
<i>Encyonopsis minuta</i>	1,09	0	3,34	19,49
<i>Denticula tenuis</i>	0,84	0	2,66	22,15
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	0,11	0,62	2,30	24,45

<i>Navicula upsaliensis</i>	0,05	0,80	2,14	26,59
<i>Nitzschia draveillensis</i>	0,20	0,72	2,02	28,62
<i>Navicula reichardtiana</i>	0,05	0,72	1,93	30,54
<i>Encyonema minutum</i>	0,63	0	1,88	32,43
<i>Navicula viridula</i>	0,13	0,66	1,80	34,23
<i>Amphora pediculus</i>	0,53	0,41	1,66	35,89
<i>Diploneis separanda</i>	0,22	0,55	1,64	37,53
<i>Navicula cuspidata</i> f. <i>heribaudi</i>	0,30	0,46	1,60	39,13
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,39	0,57	1,57	40,69
<i>Nitzschia dealpina</i>	0	0,40	1,41	42,10
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0,02	0,40	1,40	43,51
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0,44	0	1,29	44,80
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	0,24	0,35	1,28	46,08
<i>Fragilaria pinnata</i>	0,43	0	1,26	47,34
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,38	0,11	1,23	48,57
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i>	0,01	0,35	1,20	49,78
<i>Encyonopsis microcephala</i>	1,03	1,01	1,62	34,31

Grupe: Dobar i bolji – Vrlo loš  
Srednja različitost: = 96,90

Vrsta	Grupa Dobar i bolji	Grupa Vrlo loš	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
	Brojnost (sr. vr.)	Brojnost (sr. vr.)		
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,04	3,55	8,83	8,83
<i>Navicula moenofranconica</i>	0,07	3,43	8,47	17,30
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	3,15	0	7,96	25,26
<i>Navicula viridula</i>	0,13	2,70	6,55	31,80
<i>Epithemia muelleri</i>	0,07	2,65	6,52	38,32
<i>Melosira</i> sp.	0,09	1,60	3,98	42,30
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	1,33	0	3,35	45,65
<i>Encyonopsis minuta</i>	1,09	0	2,74	48,39
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	0,24	1,17	2,69	51,08
<i>Gomphonema procerum</i>	0,18	0,91	2,21	53,30
<i>Denticula tenuis</i>	0,84	0	2,18	55,48
<i>Cocconeis placentula</i>	0,72	0	1,74	57,22
<i>Encyonema minutum</i>	0,63	0	1,55	58,76
<i>Craticula accomoda</i>	0,01	0,56	1,39	60,15
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>danica</i>	0,05	0,56	1,34	61,49
<i>Amphora pediculus</i>	0,53	0	1,26	62,76
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0,44	0	1,06	63,82
<i>Fragilaria pinnata</i>	0,43	0	1,03	64,85
<i>Nitzschia dissipata</i>	0,38	0	0,96	65,82
<i>Cocconeis pediculus</i>	0,4	0	0,94	66,75
<i>Nitzschia palea</i>	0,38	0	0,90	67,65
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,39	0	0,90	68,55
<i>Diatoma moniliformis</i>	0,36	0	0,86	69,40
<i>Nitzschia subacicularis</i>	0,17	0,22	0,79	70,19

Grupe: Umjeren – Loš  
Srednja različitost: = 87,65

Vrsta	Grupa Umjeren Brojnost (sr. vr.)	Grupa Loš Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
<i>Navicula rostellata</i>	3,05	0	7,33	7,33
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	1,16	4,06	7,08	14,41
<i>Eolimna subminuscula</i>	2,90	0	6,97	21,38
<i>Planothidium frequentissimum</i>	2,47	0	5,93	27,31
<i>Navicula erifuga</i>	2,45	0	5,88	33,19
<i>Ulnaria ulna</i>	2,64	0,20	5,80	38,98
<i>Lemnicola hungarica</i>	1,78	0	4,27	43,25
<i>Nitzschia palea</i>	1,54	0	3,71	46,96
<i>Cocconeis placentula</i>	0,80	2,34	3,51	50,47
<i>Gomphonema parvulum</i>	1,43	0	3,44	53,91
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1,59	0,22	3,30	57,21
<i>Gomphonema spp.</i>	0	1,36	2,88	60,09
<i>Navicula veneta</i>	1,16	0	2,80	62,89
<i>Melosira varians</i>	1,09	0	2,61	65,50
<i>Navicula upsaliensis</i>	0	0,8	1,70	67,20
<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	0	0,62	1,68	68,88
<i>Navicula reichardtiana</i>	0	0,72	1,53	70,41
<i>Nitzschia draveillensis</i>	0	0,72	1,53	71,94
<i>Navicula viridula</i>	0	0,66	1,40	73,33
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0,57	1,27	74,60
<i>Diploneis separanda</i>	0,22	0,55	1,22	75,82
<i>Nitzschia dealpina</i>	0	0,40	1,09	76,91
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0,22	0,40	1,03	77,94
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0,40	0,41	0,97	78,91

Grupe: Umjeren – Vrlo loš  
Srednja različitost: = 100,00

Vrsta	Grupa Umjeren Brojnost (sr. vr.)	Grupa Vrlo loš Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0	3,55	7,76	7,76
<i>Navicula moenofranconica</i>	0	3,43	7,49	15,25
<i>Navicula rostellata</i>	3,05	0	6,67	21,92
<i>Eolimna subminuscula</i>	2,90	0	6,34	28,26
<i>Navicula viridula</i>	0	2,70	5,91	34,16
<i>Epithemia muelleri</i>	0	2,65	5,79	39,96
<i>Ulnaria ulna</i>	2,64	0	5,77	45,73
<i>Planothidium frequentissimum</i>	2,47	0	5,39	51,12
<i>Navicula erifuga</i>	2,45	0	5,35	56,47
<i>Lemnicola hungarica</i>	1,78	0	3,88	60,35
<i>Melosira sp.</i>	0	1,60	3,51	63,86
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1,59	0	3,48	67,34
<i>Nitzschia palea</i>	1,54	0	3,37	70,71
<i>Gomphonema parvulum</i>	1,43	0	3,13	73,84
<i>Nitzschia palea var. tenuirostris</i>	0	1,17	2,57	76,41
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	1,16	0	2,55	78,96
<i>Navicula veneta</i>	1,16	0	2,55	81,50
<i>Melosira varians</i>	1,09	0	2,37	83,88
<i>Gomphonema procerum</i>	0	0,91	1,99	85,87
<i>Cocconeis placentula</i>	0,80	0	1,75	87,62
<i>Craticula accomoda</i>	0	0,56	1,22	88,84
<i>Ulnaria ulna var. danica</i>	0	0,56	1,22	90,05

Grupe: Loš – Vrlo loš  
Srednja različitost: = 94,28

Vrsta	Grupa Loš Brojnost (sr. vr.)	Grupa Vrlo loš Brojnost (sr. vr.)	Vrsta pridonosi s %	Kumulativno (%)
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	4,06	0	12,08	12,08
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0	3,55	10,39	22,47
<i>Navicula moenofranconica</i>	0,11	3,43	9,76	32,23
<i>Epithemia muelleri</i>	0	2,65	7,76	39,99
<i>Cocconeis placentula</i>	2,34	0	6,55	46,54
<i>Navicula viridula</i>	0,66	2,70	6,28	52,82
<i>Melosira sp.</i>	0	1,60	4,70	57,51
<i>Gomphonema spp.</i>	1,36	0	3,36	60,88
<i>Gomphonema procerum</i>	0	0,91	2,67	63,55
<i>Nitzschia palea var. tenuirostris</i>	0,35	1,17	2,58	66,13
<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	0,62	0	2,12	68,25
<i>Navicula upsaliensis</i>	0,80	0	1,99	70,23
<i>Navicula reichardtiana</i>	0,72	0	1,79	72,02
<i>Nitzschia draveillensis</i>	0,72	0	1,79	73,81
<i>Craticula accomoda</i>	0	0,56	1,63	75,44
<i>Ulnaria ulna var. danica</i>	0	0,56	1,63	77,07
<i>Navicula cryptotenella</i>	0,57	0	1,51	78,57
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0,40	0	1,37	79,94
<i>Nitzschia dealpina</i>	0,40	0	1,37	81,31
<i>Diploneis separanda</i>	0,55	0	1,36	82,67
<i>Surirella brebissonii var. kuetzingii</i>	0,35	0	1,17	83,84
<i>Navicula cuspidata f. heribaudi</i>	0,46	0	1,13	84,97
<i>Amphora pediculus</i>	0,41	0	1	85,97
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0,41	0	1	86,97

## Zaključak

Na osnovi tri predstavljenih pristupa predlažemo ocjenu ekološkog potencijala na temelju ekološkog stanja za prirodna vodna tijela (prvi pristup), čime se osigurava zaštita znatno izmijenjenih i umjetnih vodnih tijela. Pritom naglašavamo da se umjetna vodna tijela u izračunu uspoređuju s najslabijim tipom prirodnog vodnog tijela. Smatramo da je prijedlog ocjene ekološkog potencijala koji se temelji na izračunu ekološkog stanja za prirodna vodna tijela znanstveno utemeljen, budući da pokazuje statistički značajan odgovor metrike na soli dušika i fosfora kao najbitnijih okolišnih pritisaka za biološki element kakvoće fitobentos. Uz navedeno, isti je pristup uspješno prošao službeni interkalibracijski postupak uz međunarodnu reviziju.

## Literatura:

Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2015) PRIMER v7: User Manual/Tutorial, PRIMER-E Plymouth.

Hrvatske vode (2015) Metodologija uzorkovanja uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće.

Miliša, M. i sur. (2020) Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske primorske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće, 367 str.

Rott, E., Pfister, P., van Dam, H., Pipp, E., Pall, K., Binder, N., Ortler, K. (1999) Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation sowie geochemische Präferenz, taxonomische und toxikologische Anmerkungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 248 str.

Narodne novine (2019) Uredba o standardu kakvoće voda, Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, NN 96/2019.

WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 6 report – Rivers/Mediterranean GIG/Phytobenthos (2012) European Commission Directorate General, JRC, Institute of Environment and Sustainability, 42 str.

Zelinka, M., Marvan, P. (1961) Zur Präzisierung der biologischen klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. Archiv für Hydrobiologie 57: 389-407.

### 4.3. Biološki element kakvoće: Makrofita

#### Opis metode za određivanje ekološke kakvoće na temelju makrofita

Na temelju dosadašnjih iskustava u ocjeni ekološkog stanja tekućica i ekološkog potencijala stajaćica, usporedbe s drugim sustavima ocjenjivanja iz Istočnokontinentalnog i Mediteranskog geografskog područja i provedenog post-interkalibracijskog postupka usklađenja, predlažemo da se i za potrebe ocjene ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica također koristi referentni indeks (RI) s jednakim sustavom referentnih zajednica koje su opisane i za prirodne tekućice (Alegro 2020a, b).

#### 4.3.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji

##### 4.3.1.1. Uzorkovanje

#### Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje makrofita potrebno je obaviti tijekom ljeta i rane jeseni kada su makrofiti optimalno razvijeni, tj. razdoblje od lipnja do rujna (srpanj i kolovoz) je najbolje za uzorkovanje. Prerano uzorkovanje može uzrokovati teškoće jer biljke još nisu optimalno razvijene ili su tek započele s razvojem te će pri tom procijenjene brojnosti biti manje, a neke vrste će i promaći. Određivanje nepotpuno razvijenih biljaka će biti vrlo teško ili čak nemoguće. Zbog prekasnog uzorkovanja, kada vegetativni dijelovi mnogih vrsta nestaju pred zimu, a biljka preživljava u obliku trajnih organa, uzorak također neće biti dobar.

Uzorkovanje se obavlja jednokratno u vrijeme vegetacijske sezone.

U vrijeme optimalnog razdoblja za uzorkovanje treba izbjegavati vrijeme visokih voda. Pogodan je srednji ili nizak vodostaj kada je vidljivost za određivanje vrsta i njihove gustoće dobra. Preporučljivo je da između pojave visoke vode i uzorkovanja makrofita prođu barem četiri tjedna.

U slučaju kada se uzorkuje na nekoliko odsječaka iste tekućice, potrebno je uzorkovanje obaviti u isto vrijeme zbog usporedivosti rezultata jer pojedine vrste imaju različitu dinamiku razvoja.

#### Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Potrebno je odabrati reprezentativni odsječak obale duljine minimalno 50 m koji se po potrebi produžuje dok se ne zaustavi prirast novih vrsta. Odsječak mora bez vidljivih vanjskih poremećaja (npr. mostovi i druge gradnje, utoci i sl.) tj. onaj koji najbolje predstavlja opće prilike vodotoka u istraživanom dijelu. Ako se uzorkuje u blizini mosta tada uzorkovanje treba započeti uzvodno od mosta ili neke druge umjetne fizičke prepreke te dalje uzvodno duž toka tekućice.

Duljina odsječka ovisi o općim ekološkim prilikama tekućice. Ukoliko su ekološke prilike toka ujednačene može se odabrati dulji odsječak, a ukoliko se ekološke prilike češće mijenjaju duž toka (npr. slapovi, promjene nagiba, supstrata, okolne vegetacije i zasjenjenosti itd.) valja odabrati kraći odsječak s manje više ujednačenim prilikama. U uvjetima veće raznolikosti potrebno je napraviti više manjih uzorkovanja.

Općenito, uzorkovanje treba započeti u jednoj točki i kretati se u predviđenom smjeru uzvodno duž toka rijeke. Ukoliko na odabranom odsječku od 50 m daljnje kretanje od ishodišta u sljedećih 25 m ne donosi nove vrste, s uzorkovanjem se može prestati.

Prirast broja vrsta kod velikih rijeka može biti vrlo spor tako da se uzorkovani odsječak može protegnuti i do 500 m, a kod vrlo velikih rijeka 1 – 3 km. Također, kod velikih i vrlo velikih rijeka, ako je moguće, treba uzorkovati lijevu i desnu stranu zasebno (osim u slučaju da se rijeka proteže duž granice pa je nemoguće obići drugu obalu). Kada se uzorkuje lijevu i desnu obalu zasebno, u rezultatima se prikazuje srednja vrijednost obje.

#### Oprema potrebna za uzorkovanje

- topografske karte 1:25 000 ili 1:50 000,
- GPS uređaj,
- grablje na užetu,
- teleskopske grablje s različitim nastavcima,
- terenski protokol,
- dalekozor,
- grafitne i kemijska olovke, vodootporni flomaster, uljni marker otporan na etilni alkohol,
- polarizacijske naočale,
- fotoapararat obavezno s GPS-om i poželjno s polarizacijkom lećom,
- dalekozor,
- Secchi disk,
- papirnati ručnici,
- herbar,
- dubinomjer,
- ručna lupa (povećanje 10 - 20x),
- plastične vrećice od 1 L sa zatvaračem,
- plastične vrećice od 25 L,
- papirnate vrećice za uzorkovanje mahovina,
- bijela izolir traka,
- plastične posude za uzorke (otvor širokog grla volumena 500 – 1 000 mL),
- putni hladnjak (za osjetljive uzorke),
- etikete od paus papira,
- naprava za gledanje pod vodom (plastična cijev sa staklenim dnom tzv. aquaskop),
- oprema za ronjenje na dah (maska, dihalica, peraje, ronilačko odijelo),
- oprema za ronjenje na boce,

- bijela plastična kadica za pregled uzoraka i fotografiranje,
- čamac za uzorkovanje na velikim rijekama,
- konzervans (50%-ni etilni alkohol i glicerol u omjeru 1:1) ili FOA (30 dijelova destilirane vode, 15 dijelova 96%-tnog etilnog alkohola, 5 dijelova cca. 35%-tne otopine formaldehida i 1 dio ledene octene kiseline),
- terenski ključevi za determinaciju,
- gumene čizme (ribarske duge sa i bez naramenica),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, terenske sandale, kapa ili šešir, krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja i
- terenska torbica s prvom pomoći i
- pojas za spašavanje za uzorkovanje na velikim rijekama.

### Način uzorkovanja

- U prvom koraku mjesto uzorkovanja se precizno označi na karti. Dobro je navesti nepromjenljive orijentacijske podatke, primjerice granice njiva, drveće, zidovi, mostovi, ceste, mlinovi i ostale građevine, itd
- GPS uređaj se drži konstantno upaljen kako bi zapamtio trasu kretanja i na njemu se upamte točke početka i kraja odsječka
- U terenski protokol se unesu fizičke karakteristike odsječka tekućice
- Mjesto uzorkovanja se fotografira
- Na plitkim mjestima se tekućica pregleda u cik-cak liniji ili transektu. Uzorkuje se u smjeru protivnom smjeru struje kako zamućenje vode ne bi ometalo pregledavanje. Kada zbog prirode toka ili supstrata nije sigurno pregaziti vodotok, opažanje se obavi s obale ili se uzorkuje grabljama na teleskopskoj dršci i/ili grabljama na užetu
- Odsječci s dubljom vodom pregledavaju se iz čamca, popisuju se vaskularne biljke (Tracheophyta), mahovine (Bryophyta), parožine (Charophyceae). Popis makrofita, koji se uzorkuje za ocjenu ekološkog potencijala prikazan je u Prilogu 7.

### Taksonomske i ekološke skupine koje se uzorkuju

Od taksonomskih skupina u vodene makrofite uključene su vaskularne biljke (Tracheophyta), mahovine (Bryophyta) i parožine (Charophyceae). Na mjernoj postaji se popisuje vegetacija koja raste u vodi (pri srednjem vodostaju): hidrofiti i amfifiti. U odvojeni dio popisa preporučljivo je navesti i vrste koje su samo manjim dijelom uronjene u vodu (tzv. helofiti) i one koje čine obalnu vegetaciju. Te vrste valja jasno odvojiti, jer se ne koriste direktno u ocjeni stanja voda, ali mogu dati dodatne korisne informacije o stanju i ekološkim prilikama tekućice. Zabilježi se također prisutnost makroalgi te svi prisutni makrofiti (sastav vrsta) na mjestu uzorkovanja i njihova gustoća prema 5 razreda skale gustoće (Tablica 4.53.).

Vrste makrofita koje je teže determinirati (mahovine, žabnjaci (*Ranunculus* spp.), uskolisni mrijesnjaci (*Potamogeton* spp.), žabovlatke (*Calitriche* spp.) i parožine (Charophyceae)) potrebno je pohraniti za kasnije određivanje u laboratoriju.



NAPOMENA: Uzorkovanje i laboratorijska analiza uzoraka mora biti u skladu sa Savjetodavnom normom za ispitivanje akvatičkih makrofita u tekućicama HRN EN 14184:2014.

#### Procjena pokrovnosti na terenu

Za procjenu pokrovnosti vodenih makrofita koristi se peterostupanjska skala po Kohler-u (Tablica 4.53.).

**Tablica 4.53.** Skala po Kohler-u (1978.) za procjenu brojnosti vodenih makrofita.

Ocjena brojnosti taksona	Opis	Objašnjenje
1	Vrlo rijetko, pojedinačno	Samo pojedinačne biljke, do 5 jedinki
2	Rijetko	Od 6 do 10 jedinki, rahlo razdijeljenih po istraživanoj površini ili do 5 pojedinačnih sastojina (10%)
3	Rašireno	Ne može se previdjeti, ali nije česta vrsta; "može se naći, a da se posebno ne traži" (10 - 25%)
4	Često	Česta vrsta, ali ne masovna; nepotpuna pokrovnost s velikim prazninama (25 - 50%)
5	Vrlo često, masovno	Dominantna vrsta, manje-više posvuda; pokrovnost znatno veća od 50%

#### *4.3.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka*

##### Oprema za laboratorijski rad

Za laboratorijsku obradu makrofita potrebna je sljedeća laboratorijska oprema:

- stereo lupa sa stereozoom povećanjem do 40x ili više
- binokularni mikroskop s:
  - okularima povećanja 10x od kojih jedan ima okularni mikrometar,
  - objektivima 10x, 20x, 40x ili 60x i 100x,
  - digitalnom kamerom povezanom s računalom i
- mehaničkim postoljem;
- staklene kapalice, staklene čaše, Petrijeve zdjelice, boce štrcalice,
- predmetna i pokrovna stakalca,
- omoti za eksikate mahovina,
- papiri za prešanje biljaka i odgovarajuća preša,
- fine pincete, histološke iglice, žileti za sekciju biljnih dijelova,
- 5%-tna klorovodična ili octena kiselina,

- laboratorijski protokol i
- determinacijski ključevi.

### Determinacija makrofita

Laboratorijska obrada makrofita uključuje samo determinaciju vrsta koje nije bilo moguće odrediti na terenu (mahovine, parožine i slično). Makrofiti se determiniraju do razine vrste. Ako je razvojna faza bez potrebnih taksonomskih obilježja i determinacija do vrste nije moguća, odredi se do razine roda.

Makrofiti se determiniraju uz pomoć determinacijskih ključeva, stereo lupe i mikroskopa pri čemu se opažaju dijelovi biljke potrebni za determinaciju. Često su dijelovi ili cijele biljke, koje potječu iz staništa s karbonatnom podlogom, kalcificirane. U tom slučaju se dijelovi ili cijele biljke uranjaju u 5%-tnu klorovodičnu ili octenu kiselinu kako bi se skinuo anorganski karbonatni pokrov i vidjele strukture potrebne za determinaciju. Ovo se najčešće radi s mahovinama i parožinama krških tekućica i stajaćica.

### Pohrana biljnog materijala

Više biljke se uglavnom pohranjuju u herbar, osim nekih nježnih i sitnijih koje je radi lakšeg određivanja dobro pohraniti i u konzervans (npr. uskolisne vrste roda *Potamogeton*, vrste roda *Callitriche*). Mahovine je najbolje osušiti na zraku bez prešanja i spremiti u papirne omote (kuverte), dok je parožine preporučljivo pohraniti u konzervans jer se kod herbariziranja mogu izgubiti neka determinacijska svojstva.

Svaki uzorak treba posebno etiketirati, držati na hladnom mjestu i u najkraćem roku pregledati. U plastične vrećice ili posude u koje se pohranjuju makrofiti treba dodati toliko vode (konzervansa) koliko je potrebno da su biljke prekrivene. Na posudi treba uljnim vodootpornim flomasterom označiti:

- naziv tekućice,
- redni broj odsječka i točka uzorkovanja i
- datum uzorkovanja.

### Računalna obrada podataka

Uzorkovanje makrofita se obavlja na uzdužnim odsječcima. Za prikaz rezultata je vrlo često, osim klasičnog izračunavanja indeksa za ocjenu ekološkog potencijala, potrebno rasprostranjenost pojedinih vrsta prikazati i na kartama, za što se koriste računalni GIS alati (npr. ArcMap računalni program).

NAPOMENA: Nacionalna i europska legislativa štiti rijetke i ugrožene vrste vodenih makrofita. Osoba koja uzorkuje mora biti upoznata s tim propisima odnosno statusom zaštite pojedine vrste!

#### 4.3.2. Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala prema makrofitima

Ocjena ekološkog stanja na temelju biološkog elementa makrofita temelji se na izračunu referentnog indeksa (RI) koji uključuje tri indikatorske grupe makrofita i njihove abundancije. Indikatorsku grupu A čine vrste referentne zajednice i one koje ukazuju na dobro stanje vodotoka, grupu B čine vrste širih ekoloških amplituda koje se mogu javljati u različitim zajednicama i, konačno, grupu C čine vrste koje se redovno ne javljaju u referentnim zajednicama te ukazuju na neki poremećaj, najčešće eutrofikaciju ili hidromorfološki poremećaj. Dakle, referentni indeks definira vrste za tip specifična referentna stanja i vrste koje indiciraju poremećaje, odnosno nespecifična stanja za određeni riječni tip. Vrste koje se uzimaju u obzir pripadaju parožinama i ostalim makroalgama, mahovinama i vaskularnim biljkama.

Prije računanja referentnog indeksa, brojnosti odn. abundancije prema Kohlerovoj skali (A) valja pretvoriti u količine (Q) prema formuli:

$$Q = A^3$$

Referentni indeks (RI) se zatim računa prema sljedećoj formuli:

$$RI = \frac{\sum Q_{Ai} - \sum Q_{Ci}}{\sum Q_{gi}} 100$$

gdje su:

$Q_{Ai}$  – količina i-te vrste iz grupe A

$Q_{Ci}$  – količina i-te vrste iz grupe C

$Q_{gi}$  – količina i-te vrste iz svih grupa (A+B+C)

Dobiveni referentni indeks zatim se korigira za:

-50 ukoliko u zajednici Sp ima manje od tri submerzna ili flotantna ukorijenjena makrofita koji nisu pokazatelji poremećaja,

-50 ukoliko u svim zajednicama dominira vegetacija tršćaka, odnosno ukoliko je čitavo korito obraslo vrstama kao što su trska, rogozi, visoki šaševi, ježinici i slične vrste uobičajene u močvarnoj vegetaciji.

Referentni indeks preračuna se u skalu od 0 do 1 prema formuli za izračunavanje omjera ekološke kakvoće:

$$M(OEK) = \frac{(RI + 100) 0,5}{100}$$

### 4.3.3. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima Dinaridske ekoregije na temelju biološkog elementa makrofita

#### 4.3.3.1. Makrofitske zajednice na referentnim postajama

Referentni uvjeti određeni su unutar svakog tipa znatno promijenjenih i umjetnih tekućica Dinaridske regije tako da su analizirane zajednice koje su izabrane kao referentne u elaboratu *Kriteriji i izbor referentnih postaja za znatno izmijenjena i umjetna vodna tijela Dinaridske ekoregije* (PMF, 2020). Podaci o makrofitskim zajednicama u referentnim postajama nalaze se u Tablicama 4.55. – 4.58. Iz njih je vidljivo da su na tim postajama zabilježene četiri zajednice, a također je vidljivo da iako u pojedinom tipu postoji prevalencija određene zajednice, ne postoji potpuna podudarnost između pojedinog tipa tekućice i makrofitske zajednice. Dva su osnovna razloga tomu. Jedan je što prilikom izrade tipologije makrofitska vegetacija nije uzimana u obzir, a drugi i važniji je mozaičan raspored makrofitske vegetacije. Naime, često se na relativno kratkom odsječku vodotoka zbog izmjene mikrohabitata (npr. slapovi s brzacima, područja s položenom obalom, područja sa strmijom obalom i dubljom vodom), javljaju različite zajednice. Spajanje tih zajednica u jedan vegetacijski tip dovodi do dva suprotna efekta. S jedne strane kriteriji za odabir indikatorskih vrsta mogu se postaviti strogo, što bi dovelo i do strožih ocjena ekološkog potencijala, a s druge strane suviše poopćeni pristup može dovesti i do široko definiranih indikatorskih vrsta koje bi pak dovele do blažih, odnosno uprosječenih ocjena ekološkog potencijala. Stoga smatramo da je za optimalno ocjenjivanje ekološkog potencijala potrebno zadržati sustav makrofitskih zajednica koje su definirane prije svega morfološkim tipovima makrofita koji su pak posljedica prilagodbe na životne uvjete u specifičnim hidrološkim prilikama vodotoka. Zajednice prepoznate na referentnim postajama su sljedeće:

- zajednica u kojoj dominiraju mahovine (PF – *Platyhypnidium-Fontinalis* tip) – ova zajednica u referentnom stanju, ovisno u uvjetima u kojima se razvija, može biti vrlo bogata vrstama ili pak građena od svega nekoliko vrsta (npr. ukoliko je brzina vode jaka ili zasjena znatna). Najčešća je zajednica koja se javlja na referentnim postajama prisutna u gotovo polovici postaja (6/13). To je očekivano s obzirom da je to jedna od glavnih zajednica u prirodnim tekućicama Dinaridske ekoregije, osobito značajna za čiste vode s malo poremećaja, ali je ujedno i zajednica koja može podnijeti periodička isušivanja, što je također karakteristika nekih prirodnih krških vodotoka.

U dobrom i boljem stanju ovu zajednicu čini više vrsta mahovina, a sastav i broj vrsta ovisi o brzini vode i eventualnom presušivanju korita. Mahovinama se mogu pridružiti i crvene makroalge te parožine u slučaju vrlo oligotrofnih, svježih i dobro prozračenih voda.

U umjerenom stanju se smanjuje raznolikost mahovina, često preostaje 1-2 vrste, crvene alge se gube, a javljaju se vrste iz drugih zajednica i pokazatelji poremećaja.

- zajednica u kojoj dominiraju herbidi i drugi morfološki oblici vaskularnih biljaka (miriofilidi i magnopotamidi prije svega) (BN – *Berula-Nasturtium* tip). Najčešća i konstantna vrsta u ovoj zajednici je *Berula erecta*, a često je javljaju i druge vrste kao što su *Mentha aquatica*, *Veronica anagalis-aquatica*, *V. beccabunga*, *Myosotis scorpioides*, *Nasturtium officinale*, *Juncus effusus*, *Apium repens*, *Myriophyllum spicatum* i druge. Nalazi se na tri referentne postaje.

U dobrom i boljem potencijalu u ovoj zajednici dominiraju karakteristične vrste. To je prije svega *Berula erecta* kojoj se pridružuju *Mentha aquatica*, vodene vrste roda *Veronica*, *Juncus aretuculatus* i druge navedene vrste uključujući mahovine i submerze parožine i druge submerzne vrste ukoliko postoji dublja voda (npr. vrste roda *Potamogeton* i *Myriophyllum spicatum*).

U umjerenom potencijalu smanjuje se raznolikost zajednice, tako da ju može graditi monodominantna sastojina jedne od navedenih herbidnih vrsta sa svega sporadičnim pojavljivanjem drugih vrsta. Mogu se pojaviti i neke nitrofilnije vrste kao što su rogozi ili visoki šaševi, no njihova pokrovnost je mala. Nadalje, s malim udjelom se mogu javiti i neke ruderalne ili invazivne vrste, pojava submerznih pokazatelja poremećaja (npr. *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinatus*) bi trebala izostati ili se oni mogu javiti tek s pojedinačnim jedinkama.

- zajednica u kojoj dominiraju morfološki tipovi nimfeide i valisneride (Sp – *Nuphar-Sparganium* tip) – tj. *Nuphar lutea*, *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *Sparganium emersum*, *Sagittaria saggitifolia*, *Nymphaea alba* te vrste oligotrofnih i slabo eutrofnih voda: *Callitriche hamulata*, *Characeae*, *Lemna trisulca*, *P. gramineus*, *Riccia fluitans*, *Utricularia* spp., *Hippuris vulgaris* i druge. Ova zajednica pronađena je na tri referentne postaje u Istri, a i unutar čitavog skupa postaja njena rasprostranjenost vezana je isključivo uz Istru, prije svega uz rijeku Mirnu i pripadajuću mrežu kanala. No, bez obzira što su te točke prepoznate kao referentne, zajednica je na njima razvijena u znatno osiromašenom obliku, koji znatno odudara o njenog referentnog stanja u prirodnim tekućicama.

U dobrom i boljem potencijalu ovo je vrlo bujna zajednica s velikim brojem vrsta koje pripadaju različitim morfološkim oblicima. Na dobri i bolji potencijal upućuje pojavljivanje vrsta kao što su *Chara* spp. *Callitriche brutia* ssp. *hamulata*, *Hippuris vulgaris*, *Lemna trisulca*, *Nitellopsis obtusa*, *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *Utricularia* spp., *Riccia fluitans*.

U umjerenom potencijalu raznolikost zajednice se smanjuje kako s obzirom na broj vrsta, tako i s obzirom na broj morfoloških oblika. Osobito se smanjuje broj i abundancija prethodno nabrojanih vrsta koje indiciraju dobar i bolji potencijal. Nadalje, javljaju se pokazatelji poremećaja (*Ceratophyllum demersum*, uskolisne vrste roda *Potamogeton*, veći udio helofita, nitrofilnih i invazivnih vrsta), ali oni ne smiju potisnuti karakteristične vrste zajednice, niti zajednica smije imati manje od tri submerzne ili ukorijenjene flotantne vrste koje nisu pokazatelji poremećaja.

- zajednica u kojoj dominiraju širokolisne vrste mrijesnjava (Po – *Potamogeton* tip) – tj. *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *P. nodosus*, *P. gramineus*. Ova zajednica zabilježena je samo na jednoj referentnoj postaji, na rijeci Kupi nakon HE Ozalj. Kupa u Ozlju postaje nizinska rijeka te gubi svoja krška obilježja što čini razumljivim pojavljivanje ove zajednice inače svojstvene za velike nizinske rijeke.

U dobrom i boljem potencijalu u ovoj zajednici dominiraju širokolisni mrijesnjava kako je to prethodno opisano, s time da to može biti i monodominantna sastojina samo jedne vrste širokolisnog mrijesnjava kojoj se mogu pridružiti vrste kao što su *Ranunculus trichophyllus*, *Myriophyllum spicatum* *M. verticillatum*, *Chara* spp. Pokazatelji poremećaja izostaju ili su sporadični.

U umjerenom potencijalu ova zajednica može biti znatno prorijeđena, odnosno građena od malobrojnih jedinki širokolisnih mrijesnjava kojima se pridružuju prethodno navedene vrste, također s manjim abundancijama. Pokazatelji poremećaja su malobrojni.

Sumarno, prema tipovima umjetnih i znatno promijenjenih tekućica raspodjela mahrofitskih zajednica je sljedeća (usporedi Tablicu 4.58.):

- tip 1 – izmjenjuju su se mahovinska, tj. *Platyhypnidium-Fontinalis* zajednica (PF) i herbidna, tj. *Berula-Nasturtium* zajednica (BN)
- tip 2 – na postajama iz Istre dominira *Nuphar-Sparganium* zajednica (Sp), dok se na ostalim postajama izmjenjuju mahovinska (PF) i herbidna zajednica (BN)
- tip 3 – dominira herbidna zajednica (BN), rjeđe se javlja mahovinska zajednica (PF), a u Kupi u Ozlju zabilježena je *Potamogeton* zajednica (Po). To je jedina postaja na kojoj je zabilježena ta zajednica.
- tip 4 – na postajama iz Istre dominira *Nuphar-Sparganium* zajednica (Sp), dok se na ostalim postajama izmjenjuju mahovinska (PF) i herbidna zajednica (BN)

U Tablicama 4.54. – 4.57. učljivo je da neke postaje imaju niske vrijednosti OEK. Mahom se radi o postajama s Mirne i Raše koje se odlikuju srmim obalama, mjestimice obrasle tršćacima tako da ne postoji pojas podesan za razvoj makrofitske vegetacije. Nadalje, često mutna voda dotano otežava razvitak makrofita. Na nekima od tih postaja znatan je i utjecaj morske vode koji također ima znatan utjecaj na mogućnost razvoja makrofitske vegetacije. Na nekima od tih postaja zabilježene su morske makroalge, koje svakako ne spadaju u slatkovodnu vegetaciju. Postaje s tim vrlo niskim OEK vrijednostima nisu uzete u obzir prilikom određivanja graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala kako je to objašnjeno u sljedećim poglavljima.

**Tablica 4.54.** Postaje tipova HR-K\_7B, HR-K\_8A, HR-K\_8B i HR-K\_9B iz projekta koje zadovoljavaju kriterije za referentne postaje s netransiranim OEK vrijednostima na temelju makrofita.

<i>Šifra monitoring postaje</i>	<i>Tip ZPVT/UVT</i>	<i>Naziv monitoring postaje</i>	<i>Referentna zajednica</i>	<i>OEK</i>
<b>30006</b>	HR-K_7B	Curak, nakon HE Munjara	PF	0,68
<b>30007</b>	HR-K_7B	Curak, D. Ložac	PF	0,98
<b>40432</b>	HR-K_7B	Vrba, Ojdanići	BN	0,51
<b>31003</b>	HR-K_8B	Mirna, Sovinjak-Minjera	Sp	0,06
<b>40449</b>	HR-K_8B	Butižnica, prije ak. Golubić	PF	0,80
<b>40413</b>	HR-K_9B	Krka, Gradina	BN	0,87

**Tablica 4.55.** Postaje tipa HR-K\_10 koja zadovoljavaju kriterije za referentne postaje s netransiranim OEK vrijednostima na temelju makrofita.

<i>Šifra monitoring postaje</i>	<i>Tip ZPVT/UVT</i>	<i>Naziv monitoring postaje</i>	<i>Referentna zajednica</i>	<i>OEK</i>
<b>40116</b>	HR-K_10	Zvizda, gornji tok	PF	0,93
<b>31021</b>	HR-K_10	Raša, most Potpićan	BN	0,27

**Tablica 4.56.** Postaje tipa HR-K\_12 koje zadovoljavaju kriterije za referentne postaje s netransiranim OEK vrijednostima na temelju makrofita.

<i>Šifra monitoring postaje</i>	<i>Tip ZPVT/UVT</i>	<i>Naziv monitoring postaje</i>	<i>Referentna zajednica</i>	<i>OEK</i>
<b>30056</b>	HR-K_12	Lika, Selište	PF	0,27
<b>16015</b>	HR-K_12	Kupa, nakon HE Ozalj	Po	0,50

**Tablica 4.57.** Postaje tipova HR-K\_13A i HR-K\_13B koje zadovoljavaju kriterije za referentne postaje s netransformiranim OEK vrijednostima na temelju makrofita.

Šifra monitoring postaje	Tip ZPVT/UVT	Naziv monitoring postaje	Referentna zajednica	OEK
40448	HR-K_13A	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	PF	0,88
31036	HR-K_13B	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	Sp	0,14
31029	HR-K_13B	Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	Sp	0,25

**Tablica 4.58.** Postaje iz projekta „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekuće Dinaridske ekoregije“, raspodijeljene po grupama za ocjenu ekološkog potencijala i s pridruženim makrofitским zajednicama (PF – *Platyhypnium-Fontinalis* tip, BN – *Berula-Nasturtium* tip, Sp – *Nuphar-Sparganium* tip, Po – *Potamogeton* tip, nm – nema makrofita).

Grupa	Tip vodnog tijela	Vodno tijelo	Makrofitska zajednica
1	HR-K_7B	Curak, nakon HE Munjara	PF
		Curak, D. Ložac	PF
		Ličanka, Fužine	BN
		Ličanka, ispod CHE Fužine	PF
		Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	BN
		Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	nm
		Dubračina, Tribalj - Ričina	BN
		Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	BN
		Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	BN
		Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	BN
2	HR-K_8A	Kanal Gacka, južno od Otočca	BN
		Raša, Most Raša	Sp
	HR-K_8B	Mirna, Sovinjak-Minjera	Sp
		Butižnica, prije ak. Golubić	PF
		Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	Sp
	HR-K_9B	Boljunčica, ispod ak. Letaj	nm
		Krka, Gradina	BN
3	HR-K_10	Zvizda, gornji tok	PF
		Krbunski potok	BN
		Vlaški potok (Posert)	BN
		Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	BN
		Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu	nm
		Lepenica, prije ak. Lepenica	nm



Grupa	Tipvodnog tijela	Vodno tijelo	Makrofitska zajednica
	HR-K_12	Lika, Selište	PF
		Kupa, nakon HE Ozalj	Po
		Cetina, kod Zakučca	BN
		Ričica, nakon utoka Opsenice	PF
		Rječina, HE Rijeka	PF
4	HR-K_13A	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	PF
		Gusić, Otočac	BN
		Gusić, prije ak. Gusić	PF
	HR-K_13B	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	Sp
		Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	Sp
		Vrbica	nm
		Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	Sp
		GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	BN

#### 4.3.3.2. Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala prema BEK-u makrofiti

Ekološki potencijal raspodijeljen je u četiri kategorije: dobar i bolji, umjeren, loš i vrlo loš (Tablica 4.59.).

Kako je broj istraživanih vodnih tijela relativno mali i kako se ne nalaze u jednolikom gradijentu opterećenja, granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala određene su na sljedeći način:

M/D granična vrijednost je određena tako da je medijan vrijednosti OEK za pojedinu zajednicu na referentnim postajama umanjen za 25% njenog iznosa. Pritom je uzeto u obzir da na postajama nije bilo pokazatelja poremećaja i da fizikalno-kemijski parametri također ukazuju na visok status. Stoga su iz izračuna isključene sve postaje na kojima je vrijednost OEK bila niža od 0,5 jer ona pretpostavlja prisustvo indikatora poremećaja. Ova se granična vrijednost ne koristi u klasifikaciji ekološkog potencijala, ali je ključni korak u izračunu ostalih graničnih vrijednosti kategorija.

D/U granična vrijednost je izračunata tako da je granična vrijednost D/M umanjena za 0,2. U prirodnim tekućicama je to točka u kojoj vrste grupe B (indiferentne vrste) postaju dominantne, a vrste grupe A još uvijek dominiraju nad vrstama grupe C. U znatno izmijenjenim u umjetnim tekućicama u toj točki mogu izostati vrste iz skupine A, ali vrste skupine B moraju dominirati nad vrstama skupine C. Ovo je ujedno i granična vrijednost između kategorija dobrog i boljeg, te umjerenog ekološkog potencijala.

U/L granična vrijednost je točka u kojoj indikatori poremećaja počinju dominirati nad ostalim skupinama i ona odgovara aritmetičkoj sredini graničnih vrijednosti između D/U i L/VL. Kako je loš status (L) označava gubitak makrofita, odnosno OEK = 0, tada granična vrijednost U/L

teoretski odgovara vrijednosti od 0,25. Ukoliko se granična vrijednost D/U umanjuje za 0,2 dobivaju se slične vrijednosti koje se u ovisnosti o zajednici kreću u rasponu od 0,2 do 0,27.

L/VL granična vrijednost znači potpuni gubitak makrofita zbog nekog od pritisaka, tj. u tom stanju je OEK = 0.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala određene na ovaj način po potrebi su blago podešene na temelju promjene sastava makrofitske zajednice analizom diskontinuiteta u odnosu okolišnih pritisaka i odgovora zajednice (*pressure-response relationship*) koji su podešeni ekspertnom procjenom baziranoj na promjenama u pridolasku tip specifičnih referentnih vrsta te tolerantnih vrsta.

Na ovaj način mogle su se izračunati granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za zajednice PF i BN. Međutim, zajednica Sp na svim postajama (referentnim i ostalim) ima niske vrijednosti OEK i građena je u znatno osiromašenom obliku, tako da su za nju preuzete granične vrijednosti kategorija na temelju izračuna za Panonsku ekoregiju gdje je i središte rasprostranjenosti te zajednice u Hrvatskoj.

Kako svaka od zajednica ima vlastite granične vrijednosti kategorija, one su naknadno usklađene linearnim transformacijama tako da budu jedinstvene za sve zajednice (Tablica 4.60.).

**Tablica 4.59.** OEK vrijednosti za pojedine kategorije ekološkog potencijala za pojedine makrofitske zajednice umjetnih i znatno promijenjenih tekućica, te jedinstvene usklađene granične vrijednosti kategorija za sve zajednice.

Ekološki potencijal		PF	BN	Sp	Po	Usklađene granične vrijednosti
dobar i bolji	4	>0,46	>0,36	>0,45	>0,40	>0,6
umjeren (M)	3	0,26-0,46	0,16-0,36	0,25-0,45	0,2-0,4	0,4-0,6
loš (P)	2	0-0,26	0-0,16	0-0,25	0-0,2	0,2-0,4
vrlo loš (B)	1	-	-	-	-	0-0,2

**Tablica 4.60.** Makrofitske zajednice s izvornim graničnim vrijednostima kategorija ekološkog potencijala i transformacijskim jednadžbama za usklađenje tih graničnih vrijednosti za sve tipove u Dinaridskoj ekoregiji.

Ekološki potencijal	Zajednica	Raspon OEK	Usklađeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
<b>Dobar i bolji</b>	PF	>0,46	>0,6	$0,6+0,4*(OEK-0,46)/0,54$
	BN	>0,36	>0,6	$0,6+0,4*(OEK-0,36)/0,64$
	Sp	>0,45	>0,6	$0,6+0,4*(OEK-0,45)/0,55$

Ekološki potencijal	Zajednica	Raspon OEK	Usklađeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
	Po	>0,40	>0,6	$0,6+0,4*(OEK-0,40)/0,60$
<b>Umjeren</b>	PF	0,26-0,46	0,4-0,6	$0,4+0,2*(OEK-0,26)/0,20$
	BN	0,16-0,36	0,4-0,6	$0,4+0,2*(OEK-0,16)/0,20$
	Sp	0,25-0,45	0,4-0,6	$0,4+0,2*(OEK-0,25)/0,20$
	Po	0,20-0,40	0,4-0,6	$0,4+0,2*(OEK-0,20)/0,20$
<b>Loš</b>	PF	0-0,26	0,2-0,4	$0,2+0,2*(OEK)/0,26$
	BN	0-0,16	0,2-0,4	$0,2+0,2*(OEK)/0,16$
	Sp	0-0,25	0,2-0,4	$0,2+0,2*(OEK)/0,25$
	Po	0-0,20	0,2-0,4	$0,2+0,2*(OEK)/0,20$
<b>Vrlo loš</b>	PF	-	<0,2	-
	BN	-	<0,2	-
	Sp	-	<0,2	-
	Po	-	<0,2	-

#### 4.3.3.3. Detektirani pritisci relevantni za makrofite

Pritisci koje detektira metoda ocjene ekološkog stanja na temelju makrofita su povećana količina hranjivih tvari i hidromorfološke promjene. Na temelju rezultata analiza korelacije (Tablice 4.61. i 4.62.) može se zaključiti da metoda odgovara na mjerene okolišne pritiske. U usporedbi s prirodnim tekućicama (Alegro 2020a, b) te korelacije su nešto slabije što je objašnjivo time što su u znatno promijenjenim i umjetnim tekućicama gradijenti kraći, odn. veća je učestalost nižih vrijednosti OEK, što je i očekivano s obzirom da na takvim staništima ne možemo očekivati punu raznolikost makrofitskih zajednica. Bez obzira na to uočljive su značajne pozitivne korelacije s prozračenošću vode (otopljeni kisik i zasićenje kisikom) te negativne korelacije s dušikovim spojevima (amonij i nitriti), te ukupnim fosforom. To su ujedno i glavni spojevi koje dovode do eutrofikacije i zatim posredno do degradacije makrofitskih zajednica. Nadalje, uočljive su negativne korelacije s udjelom površina pod intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, te urbaniziranih površina.

**Tablica 4.61.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti i fizikalno-kemijskih parametara vode. Statistički značajne vrijednosti su označene podebljano i crveno.

	OEK Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
<b>log_t</b>	-0,213	0,056
<b>log_pH</b>	<b>0,325**</b>	<b>0,007</b>
<b>log_električna vodljivost</b>	0,001	0,496
<b>log_ukupne suspendirane tvari</b>	-0,150	0,133
<b>log_alkalitet</b>	-0,040	0,384

	OEK Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
log_tvrdoća	0,051	0,352
log_O <sub>2</sub> _otopljeni	<b>0,501**</b>	<b>0,000</b>
log_O <sub>2</sub> _zasićenost	<b>0,452**</b>	<b>0,000</b>
log_NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<b>-0,273*</b>	<b>0,020</b>
log_NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>-0,272*</b>	<b>0,020</b>
log_NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,118	0,191
log_N_ukupni	-0,142	0,146
log_PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,196	0,072
log_P_ukupni	<b>-0,311*</b>	<b>0,009</b>

\*. Korelacija je značajna na razini 0,05.

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0,01.

**Tablica 4.62.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti, različitih mjera opće degradacije i zemljišnog pokrova (hidrologija – hidrološka degradacija, uzdužna – uzdužna povezanost, morfologija – opća morfologija; POE – % ekstenzivna poljoprivreda, POI – % intenzivna poljoprivreda, PRI – % prirodna i poluprirodna područja, URB – % urbanizirana područja;).

	OEK Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
<b>Hidrologija</b>	-0,056	0,340
<b>Uzdužna</b>	0,059	0,331
<b>Morfologija</b>	<b>-0,355**</b>	<b>0,003</b>
log_POE_T	0,031	0,414
log_POI_T	<b>-0,376**</b>	<b>0,005</b>
log_PRI_T	0,100	0,229
log_URB_T	<b>-0,276*</b>	<b>0,042</b>
log_POE_H	0,174	0,107
log_POI_H	<b>-0,443**</b>	<b>0,001</b>
log_PRI_H	0,122	0,181
log_URB_H	-0,249	0,054

\*. Korelacija je značajna na razini 0,05.

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0,01.

#### 4.3.3.4. Ocjena ekološkog potencijala na temelju makrofita

U Tablici 4.63. navedene su ocjene ekološkog potencijala prema prethodno opisanoj metodologiji. U tri postaje (Ličanka, ispod CHE Fužine, Kanal Kostanjevica prije akumulacije Bajer i Lepenica, prije akumulacije Lepenica) ekološki potencijal nije ocijenjen jer se radi o koritima koja su u potpunosti betonirana ili popločana, pa razvoj makrofitske vegetacije nije moguć. Nadalje na postaji Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin razvijena je kopnena vegetacija

koja ukazuje na to da je otvorena voda prisutna vrlo rijetko, tako da se ne može očekivati makrofitska vegetacija.

Na nekoliko postaja smještenih na dovodnim i odvodnim kanalima hidrocentrala u trenutku uzorkovanja bila je prisutna makrofitska vegetacija unatoč tome što su im korita uglavnom popločena ili bar dijelom betonirana jer su se tu mogle ili uhvatiti mahovine ili postoje određeni džepovi koji omogućuju naseljavanje makrofita. Takve postaje su uzete u obzir prilikom izrade sustave ocjene ekološkog potencijala te je na njima ekološki potencijal i ocijenjen. Međutim, kako se dovodni i odvodni kanali sukladno propisima trebaju redovno održavati kako bi se očuvala tehnička svojstva i ispunjavali zahtjevi određeni projektom građevine smatramo da je za te postaje makrofite moguće izuzeti kao relevantan biološki element za ocjenu ekološkog potencijala. Zbog toga su vrijednosti OEK i ekoloških potencijala za te postaje u Tablici 4.63. stavljene u zagradu. U Tablici 4.64. navedene su ocjene ekološkog potencijala za dodatne postaje korištene u projektu.

**Tablica 4.63.** Postaje iz projekta „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije“ sa standardiziranim OEK vrijednostima i ocjenama ekološkog potencijala. U zgrade su stavljene vrijednosti OEK i odgovarajući ekološki potencijali za postaje koje su smještene na dijelovima toka s opločnim ili betoniranim koritima, ali su u trenutku uzorkovanja imale razvijenu makrofitsku vegetaciju.

Grupa	Tip	Vodno tijelo	OEK	Ekološki potencijal
1	HR-K_7B	Curak, nakon HE Munjara	0,77	dobar i bolji
		Curak, D, Ložac	0,99	dobar i bolji
		Ličanka, Fužine	(0,69)	(dobar i bolji)
		Ličanka, ispod CHE Fužine	-	-
		Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,83	dobar i bolji
		Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer	-	-
		Dubračina, Tribalj - Ričina	(0,79)	(dobar i bolji)
		Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,81	dobar i bolji
		Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,49	umjeren
		Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	(0,57)	(umjeren)
		2	HR-K_8A	Kanal Gacka, južno od Otočca
Raša, Most Raša	0,20			loš
HR-K_8B	Mirna, Sovinjak-Minjera		0,25	loš
	Butižnica, prije ak. Golubić		0,85	dobar i bolji
	Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda		0,22	loš
	Boļjunčica, ispod ak. Letaj		-	-
HR-K_9B	Krka, Gradina	0,98	dobar i bolji	
3	HR-K_10	Zvizda, gornji tok	0,95	dobar i bolji
		Krbunski potok	0,20	loš
		Vlaški potok (Posert)	0,49	umjeren

Grupa	Tip	Vodno tijelo	OEK	Ekološki potencijal
		Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin	-	-
		Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu	0,20	loš
		Lepenica, prije ak. Lepenica	-	-
	HR-K_12	Lika, Selište	(0,41)	(umjeren)
		Kupa, nakon HE Ozalj	0,67	dobar i bolji
		Cetina, kod Zakučca	(0,83)	(dobar i bolji)
		Ričica, nakon utoka Opsenice	0,76	dobar i bolji
		Rječina, HE Rijeka	0,20	loš
<b>4</b>	HR-K_13A	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	(0,92)	(dobar i bolji)
		Gusić, Otočac	(0,74)	(dobar i bolji)
		Gusić, prije ak, Gusić	(1,00)	(dobar i bolji)
	HR-K_13B	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša	0,31	loš
		Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,40	umjeren
		Vrbica	-	-
		Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,20	loš
		GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	0,91	dobar i bolji

**Tablica 4.64.** Dodatne postaje korištene za razvoj sustava klasifikacije ekološkog potencijala i ocjene na osnovu makrofita.

Šifra mjerne postaje	Postaja	Tip	OEK	Ekološki potencijal
<b>31008</b>	Mufrin, Valenti	HR-K_7B	0,67	dobar i bolji
<b>31010</b>	Mirna, Portonski most	HR-K_8B	0,76	dobar i bolji
<b>31011</b>	Mirna, Kamenita vrata	HR-K_8B	0,78	dobar i bolji
<b>31016</b>	Obuhvatni kanal Srednja Mirna	HR-K_13B	0,51	umjeren
<b>31021</b>	Raša, most Potpićan	HR-K_10	0,51	umjeren
<b>31024</b>	Raša, most Mutvica	HR-K_8A	0,65	dobar i bolji
<b>31025</b>	Obuhvatni kanal Krapanj, most u naselju Raša	HR-K_10	0,39	loš
<b>31031</b>	kanal Botonega, 200 m od utoka u Mirnu	HR-K_7B	0,58	umjeren
<b>40430</b>	Orašnica, prije utoka u Krku	HR-K_7B	0,67	dobar i bolji
<b>40431</b>	Orašnica, Kninsko polje	HR-K_7B	0,86	dobar i bolji
<b>40432</b>	Vrba, Ojdanići	HR-K_7B	0,99	dobar i bolji
<b>40453</b>	Butižnica, HE Golubić	HR-K_8B	1,00	dobar i bolji

## Zaključak

Predložena metoda za ocjenu ekološkog potencijala sukladna je metodi za ocjenu ekološkog stanja. Temelji se na uzorkovanju makrofita sa svih staništa koja se nalaze u koritu rijeke i riječnim obalama. Referentni indeks definira vrste za tip specifična referentna stanja i vrste koje indiciraju poremećaje, odnosno nespecifična stanja za određeni riječni tip. Vrste koje se uzimaju u obzir pripadaju parožinama i ostalim makroalgama, mahovinama i vaskularnim biljkama.

Na temelju abundancije makrofita u pojedinoj od tri indikatorske grupe računa se referentni indeks (RI) koji se transformira u omjer ekološke kakvoće (OEK). Korelacijske analize pokazuju da OEK odgovara na fizikalno-kemijske i hidromorfološke pritiske. Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala postavljene su u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama i u načelu su blaže od graničnih vrijednosti za prirodne tekućice.

Jedna postaja je ocijenjena kao vrlo loša jer nije pronađena makrofitska vegetacija. Radi se o postaji Vrbica koja ima hidrološku ocjenu 5.

Sedam postaja ocijenjeno je lošim ekološkim potencijalom, a od njih se čak sedam nalazi u istri te je vezano uz slivove Mirne i Raše. Na dvije postaje, (Raša, most Raša i Krapanj prije ušća u Rašu) osim pojasa trske nema prave makrofitske vegetacije, a pojava morske zelene alge *Ulva flexuosa* upućuje na utjecaj morske vode. Na dvije postaje na Mirni (Sovinjak, Minjera i uzvodno od Buzeta) dominirala je zelena alga *Cladophora glomerata* što upućuje na eutrofikaciju. Na dvije postaje (Krbunski potok i Mirna, Obuhvatni kanal 3) vegetacija je bila svedena samo na priobalni pojas trske. Jedina postaja van Istre ocijenjena lošim ekološkim potencijalom je Rječina, HE Rijeka gdje je također zabilježena dominacija zelenih nitastih alga iz porodice *Zygnematomyceae*. Moguće je da je to bila kasnojletna cvatnja alga, a da drugi makrofiti, prije svega očekivane mahovine s obzirom na tip staništa izostaju zbog bujičnog karaktera vodotoka. Čak četiri od tih sedam postaja uzdužnu povezanost ima ocijenjenu ocjenom 5, a pet njih morfološku ocjenu višu od 3.

Pet postaja ocijenjeno je ocjenom umjernog ekološkog potencijala i njih tri imaju uzdužnu povezanost ocijenjenu ocjenom 5, a morfologiju ocjenama iznad 4. Unatoč tome, u svakoj od njih zabilježena je određena makrofitska vegetacija, građena bar od stabilne populacije jedne vodene vrste.

Sve ostale postaje ocijenjene su dobrim i boljim ekološkim potencijalom, no unatoč tome predstavljaju heterogenu grupu od postaja s raznolikim zajednicama i vrstama koje indiciraju oligotrofne vode, do onih više ili manje osiromašenih, ali s ipak zadržanom strukturom vegetacije.

Dovodne i odvodne kanale hidrocentrala s popločenim ili betoniranim koritima koji su u trenutku uzorkovanja imali razvijenu makrofitsku vegetaciju, potrebno je izuzeti kao biološki element kakvoće kod budućeg redovitog praćenja ekološkog potencijala jer propisi o njihovom

održavanju zahtijevaju redovno čišćenje što onemogućuje postojanje stabilnih makrofitskih zajednica uatoč tome što se epizodno mogu razviti i ukazivati na različite stupnjeve ekološkog potencijala.

#### Literatura:

Alegro, A. (2019a) Report on fitting Croatian classification method for rivers using macrophytes to the results of the completed intercalibration of the Med GIG (R-M1 and R-M2) 3.0. Hrvatske vode, Zagreb.

Alegro, A. (2019b) Report on fitting the Croatian classification method for macrophytes in rivers to the results of the completed intercalibration of the Eastern-Continental GIG (R-E2 and R-E3) 3.0. Hrvatske vode, Zagreb.

Anonymus, (2015) Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće. Hrvatske vode, Zagreb.

Anonymus, (2020) Kriteriji i izbor referentnih postaja za znatno izmijenjena i umjetna vodna tijela Dinaridske ekoregije. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.



#### **4.4. Biološki element kakvoće: Ribe**

Dodatni cilj ovog projekta je izrada klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za biološki element kakvoće: ribe u stajaćicama Dinaridske ekoregije. Stoga su za ovaj BEK prikazani rezultati i analize i na znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima, ali i stajaćicama Dinaridske ekoregije.

Postaje na kojima je provedeno uzorkovanje s ciljem razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala na temelju riba prikazane su u Tablicama 4.65. (stajaćice) i 4.66. (tekućice).

Nacionalne metode za ocjene ekološkog potencijala prema ribama kao biološkom elementu kakvoće nisu još razvijene u drugim zemljama članicama EU te ne postoje objavljeni podaci o tipizaciji ni nacionalnim metodama.

**Tablica 4.65.** Stajačice Dinaridske ekoregije koje nisu prirodnog porijekla te na kojima je provedeno uzorkovanje ihtiofaune.

R. BR.	Tip površinske vode	Naziv vodotoka	Tip prema Uredbi o standardu kakvoće voda	Naziv višenamjenske akumulacije/stajačice	Monitoring postaja		Šifra vodnog tijela	Hidroelektrane HEP
1.	HR-R_6	Zagorska Mrežnica	HR-AD_10	akumulacija Sabljaci	19003	Jezero Sabljaci, Ogulin	CSRN0044_001	da
2.	HR-R_6	Lokvarka, Križ potok	HR-AD_5	akumulacija Lokvarka	30110	jezero Lokvarka, iznad usisa hidroenerg. sustava	CSRN0235_002	da
3.	HR-R_7	Dobra	HR-AD_19	akumulacija Lešće	16672	Akumulacija Lešće, Trošmarija	CSRN0021_004	da
4.	HR-R_12	Cetina	HR-AD_13	akumulacija HE Peruča	40103	Cetina, HE Peruča	JKRN0002_009	da
5.	HR-R_10A	Lepenica	HR-AD_2	akumulacija Lepenica	30073	Jezero Lepenica	JKRN0211_001	da
6.	HR-R_10A	Opsenica	HR-AD_1	akumulacija Opsenica	40206	Opsenica, Jurjević	JKRN0146_002	da
7.	HR-R_9	Lika-donji tok	HR-AD_4	akumulacija Kruščica/ akumulacija Sklope	30055	Akumulacija Sklope, Kruščica	JKRN0012_003	da
8.	HR-R_17	RačicaDraguč PodmerišćeGr doselski potok	HR-AD_18	akumulacija Botonega	31030	Akumulacija Butoniga	JKRN0090_001	
9.	HR-R_6	Ričica	HR-AD_3	akumulacija Štikada	40202	Akumulacija Štikada	JKRN0061_001	da
10.	HR-R_12	Cetina	HR-AD_8	akumulacija komp. bazen Prančevići	40107	Cetina, Prančevići	JKRN0002_004	da
11.	HR-R_15B	Ričina	HR-AD_12	akumulacija Ričica	40512	Akumulacija Ričica	JKRI0035_001	

R. BR.	Tip površinske vode	Naziv vodotoka	Tip prema Uredbi o standardu kakvoće voda	Naziv višenamjenske akumulacije/stajačice	Monitoring postaja		Šifra vodnog tijela	Hydroelektrane HEP
12.	HR-R_10A	Ličanka	HR-AD_1	akumulacija Bajer	30070	Jezero Bajer, na sredini brane	JKRN0078_003	da
13.	HR-R_16B	akumulacija Ponikve	HR-AD_17	akumulacija Ponikve	30100	Akumulacija Ponikve, Krk kod piez. bušotine	JORN0003_001	
14.	HR-R_16B	Kanal Lug	HR-AD_16	akumulacija Njivice	30090	Jezero kraj Njivica, Krk, iznad usisne košare	JORN0009_001	
15.	HR-R_15B	Sija	HR-AD_11	retencija Prološko blato	40514	Prološko blato	JKRN0023_001	
16.	HR-R_16B	Dubračina	HR-AD_14	akumulacija Tribalj	30080	jezero Tribalj, kod prelivne građevine površina	JKRN0089_001	da
17.	HR-R_13	Zrmanja	HR-AD_15B	akumulacija Razovac	40217	Akumulacija Donji Bazen, Razovac	JKRN0013_001	da
18.	HR-R_12	Cetina	HR-AD_9	akumulacijski/kompensacijski bazen HE Đale	40134	Cetina, Đale	JKRN0002_005	da
19.	HR-R_12	Krka	HR-AD_15A	akumulacija Brljan	40414	akumulacija Brljan, Krka	JKRN0005_005	da
20.	HR-R_9	Lika, Gacka	HR-AD_7	akumulacija komp. bazen Gusić polje	30046	Akumulacija Brlog, Gusić polje	JKRN0007_001	da
21.	HR-R_16B	Bašćica	HR-AD_16	akumulacija Vlačine	40321	Akumulacija Vlačine	JKRN0092_001	

**Tablica 4.66.** Znatno promijenjena i umjeta vodna tijela tekućica Dinaridske ekoregije na kojima je provedeno uzorkovanje ihtiofaune.

R. br.	Tip tekućice	Naziv vodotoka/tekućice	Tip umjetnog/znatno promijenjenog vodnog tijela	Šifra vodnog tijela (PUVP 2016.-2021.)	Šifra vodnog tijela (PUVP 2013.-2015.)	Objekt HEP Proizvodnje d.o.o.	Vrsta vodnog tijela
1.	HR-R_6	Curak	HR-K_7B	CSRN0189_001	CSRN0189_001	1.1. Dovodni kanal HE Zeleni vir; 1.2. Odvodni kanal HE Zeleni vir	N
2.	HR-R_15B	Suvaja	HR-K_12	JKRI0035_001			H
3.	HR-R_13	Cetina	HR-K_12	JKRN0002_001	JKRN0002_001	Odvodni kanal HE Zakučac do Cetine	N
4.	HR-R_9	Kanal Gacka	HR-K_13A	JKRN0009_001	JKRN0009_001	6.1. Kanal Gacka (regulirano korito Gacke, 6.2. čvor Šumečica)	A
5.	HR-R_12	Odvodni kanal od HE Orlovca	HR-K_13A	JKRN0010_001	JKRN0010_001	Odvodni kanal od HE Orlovca do Rude	A
6.	HR-R_9	Lika	HR-K_12	JKRN0012_001	JKRN0012_002; JKRN0012_001	Lika, akumulacija komp. bazen Selište	NH
7.	HR-R_18	Mirna	HR-K_8B	JKRN0024_004			H
8.	HR-R_18	Raša	HR-K_8A	JKRN0032_001			H
9.	HR-R_19	Raša	HR-K_8A	JKRN0032_002			NH
10.	HR-R_12	Butižnica	HR-K_8B	JKRN0033_002	JKRN0034_002	Butižnica, akumulacija HE Golubić	NH
11.	HR-R_18	Boljunčica	HR-K_8B	JKRN0051_001			H

R. br.	Tip tekućice	Naziv vodotoka/tekućice	Tip umjetnog/znatno promijenjenog vodnog tijela	Šifra vodnog tijela (PUVP 2016.-2021.)	Šifra vodnog tijela (PUVP 2013.-2015.)	Objekt HEP Proizvodnje d.o.o.	Vrsta vodnog tijela
12.	HR-R_18	Boljunčica, retencija	HR-K_8B	JKRN0051_002			H
13.	HR-R_16A	Zvizda	HR-K_10	JKRN0054_001	JKRN0002_001	17.1. Dovodni kanal HE Kraljevac 17.2. Odvodni kanal HE Kraljevac	N
14.	HR-R_7	Rječina	HR-K_12	JKRN0058_002			H
15.	HR-R_10A	Ričica	HR-K_12	JKRN0061_002		Kanal od Opsenice do Ričice	N
16.	HR-R_10A	Ličanka nizvodno od akumulacije Bajer	HR-K_7B	JKRN0078_002	JKRN0072_002	Ličanka nizvodno od akumulacije Bajer	N
17.	HR-R_10A	Ličanka - Bajer vrelo	HR-K_7B	JKRN0078_003	JKRN0072_003	20.1. Ličanka, od CHE Fužine do ak. Bajer; 20.2. Ličanka, uzvodno od CHE Fužine; 20.3. Odvodno-dovodni kanal RHE Lepenica	H
18.	HR-R_16B	Dubračina	HR-K_7B	JKRN0089_001	JKRN0088_001	Dubračina nizvodno od Triblja	N
19.	HR-R_19	Obuhvatni kanal Funtana	HR-K_10	JKRN0124_001			NH
20.	HR-R_19	Obuhvatni kanal Krapanj	HR-K_10	JKRN0135_001			H
21.	HR-R_16B	Kolan	HR-K_11	JKRN0139_001			H

R. br.	Tip tekućice	Naziv vodotoka/tekućice	Tip umjetnog/znatno promijenjenog vodnog tijela	Šifra vodnog tijela (PUVP 2016.-2021.)	Šifra vodnog tijela (PUVP 2013.-2015.)	Objekt HEP Proizvodnje d.o.o.	Vrsta vodnog tijela
22.	HR-R_16A	GOK - 2	HR-K_13B	JKRN0168_001			A
23.	HR-R_18	Obuhvatni kanal br.5	HR-K_8A	JKRN0199_001			H
24.	HR-R_17	Obuhvatni kanal Mufrin	HR-K_7B	JKRN0203_001			NH
25.	HR-R_18	Obuhvatni kanal br.3	HR-K_8A	JKRN0210_001			H
26.	HR-R_10A	Lepenica	HR-K_10	JKRN0211_002	JKRN0216_002	Regulirano korito uzvodno od akumulacije Lepenica	NH
27.	HR-R_17	Odvodno preljevni kanal Botonege	HR-K_7B	JKRN0223_001			H
28.	HR-R_19	Plomin	HR-K_10	JKRN0243_001			NH
29.	HR-R_19	Obuhvatni kanal br.3	HR-K_10	JKRN0252_001			H
30.	HR-R_17	Obuhvatni kanal br.1	HR-K_7A	JKRN0270_001			H
31.	HR-R_19	Obuhvatni kanal Krajdraga		JKRN0274_001			H
32.	HR-R_18	Obuhvatni kanal br.2	HR-K_8A	JKRN0280_001			H
33.	HR-R_17	Obuhvatni kanal Bastija	HR-K_7B	JKRN0288_001			H
34.	HR-R_15A	Vrbica	HR-K_7A	JKRN0314_001			H

#### 4.4.1. Umjetne stajačice Dinaridske ekoregije

##### 4.4.1.1. Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji

###### 4.4.1.1.1. Uzorkovanje

Uzorkovanje riba na stajaćicama za potrebe izračunavanja Hrvatskog indeksa za umjetne stajačice prema ribama (HRlUS) provedeno je s ciljem procjene:

- sastava vrsta i raznolikosti,
- trofičkih odnosa,
- zastupljenosti vrsta pojedinih reprodukcijских, prehrambenih i drugih ekoloških značajki.

U sklopu Europske okvirne direktive o vodama (EU Water Framework Directive ili ODV, 2000) propisan je standardni postupak izbora metode uzorkovanja riba (CEN 14962, 2004). Sve preporuke za uzorkovanje predložene od FAME konzorcija striktno su poštovane kako bi na svakoj postaji sakupljeni uzorak bio reprezentativan, odnosno vjerno prikazivao zajednicu riba. Uzorkovanje se vršilo po standardu HRN EN 14757:2015 Kvaliteta vode - Uzorkovanje riba mrežama različitih veličina oka (EN 14757:2015). Broj korištenih standardnih najlonskih mreža (mreže „Nordijskog“ tipa) različitih veličina oka ovisio je o površini vodnog tijela i njegovoj dubini, pa svaki uzorak s lokaliteta vjerno predstavlja riblju zajednicu, te omogućuje kvalitetnu procjenu njene gustoće i dobne strukture populacija različitih vrsta. Sva su uzorkovanja obavljena u skladu sa Zakonom o slatkovodnom ribarstvu te je, uz pribavljenu dozvolu za znanstveno uzorkovanje riba, prije izlaska na teren, svako uzorkovanje najavljeno policiji, ribarskim inspektorima i lokalnim ovlaštenicima ribolovnog prava. Pribavljene su i dozvole za namjerno hvatanje i uznemiravanje strogo zaštićenih vrsta riba.

#### Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje za potrebe ovog istraživanja provedeno je od 2017. do 2020. godine, jednom u četiri godine u razdoblju od travnja do studenog kako bi se obuhvatilo razdoblje najveće aktivnosti riba u vodenom tijelu. Samo trajanje uzorkovanja iznosilo je 12 h; mreže su se postavljale u vodu između 18:00 h i 20:00 h, a uklanjale iz vode između 06:00 h i 08:00 h. Tijekom uzorkovanja izbjegnuto je period mrijesta većine vrsta.

S ciljem monitoringa ekološkog potencijala, ponovljena uzorkovanja pojedinih postaja treba obaviti u isto ili što sličnije doba godine u jednakom vremenskom trajanju. Svi datumi uzorkovanja pojedinog lokaliteta navedeni su u Excel tablici koja je sastavni dio ovog izvješća.

## Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Lokaliteti (postaje) uzorkovanja propisani su projektnim zadatkom, a svaki je lokalitet uzorkovan tako da se maksimalno obuhvati raznolikost svih tipova staništa pojedinog lokaliteta. Prije samog početka uzorkovanja, proučavana je i hidromorfologija umjetne i znatno promijenjene stajaćice kako bi se mreže jednako rasporedile po svim dubinama vodnog tijela ovisno o zastupljenosti svake pojedine dubine. Veličina mjesta uzorkovanja ovisila je o veličini samog vodnog tijela (Tablica 4.67.), dok je dužina svake mreže „Nordijskog“ tipa koja se koristila u istraživanju iznosila 30 m, s visinom od 1.5 m. Mreže su se uvijek postavljale iznad granice termokline.

**Tablica 4.67.** Najmanji broj bentičkih mreža „Nordijskog“ tipa korišten u istraživanju u odnosu na površinu umjetne i znatno promijenjene stajaćice.

Površina vodenog tijela (ha)	Broj mreža s različitim veličinom oka po lovnoj noći		
	Ukupno	U epi-/metalimniju	U hipolimniju
≤ 50	4	2	2
51-300	8	4	4
301-2000	16	8	8
> 2000	24	12	12

## Način uzorkovanja

S obzirom na smanjenu učinkovitost elektroribolova u dubljim vodnim tijelima, sve umjetne stajaćice iz projektnog zadatka proučavane su metodom mreža stajaćica (CEN 14757, 2005). Na samom mjestu uzorkovanja izmjerene su geografske koordinate (pomoću GPS-a), fotografirano je mjesto uzorkovanja i određen je naziv postaje (prema kodnom sustavu Hrvatskih voda) u skladu s projektnim zadatkom i tipologijom vodnih tijela Hrvatske.

Pri uzorkovanju koristili smo jednostruke najlonske mrežama „Nordijskog“ tipa dužine 30 m, a visine 1.5 m. Svaka mreža sastojala se od 12 različitih polja na kojima je veličina oka varirala između 5 i 55 mm u dužini od 2.5 m, slijedeći navedeni uzorak veličina po polju: 43 mm; 19.5 mm; 6.25 mm; 10 mm; 55 mm; 8 mm; 12.5 mm; 24 mm; 15.5 mm; 5 mm; 35 mm; 29 mm. S obzirom na hidromorfološke značajke i ihtiofaunu umjetnih i znatno promijenjenih stajaćica u Hrvatskoj, nije bilo potrebe za korištenjem pelagičkih mreža. Premda je procjena bogatstva vrsta na temelju ulova mrežama obično manja od polovice vrijednosti dobivene uzorkovanjem elektroagregatom (Simon i Sanders, 1999), bentičke mreže korištene u ovoj studiji dale su zadovoljavajuću procjenu gustoće populacija, bogatstva vrsta i međusobnih odnosa zabilježenih vrsta riba.



Mreže smo postavljali pod nasumičnim kutom naspram obale, uzimajući u obzir dubinu umjetne i znatno promijenjene stajaćice, te proporcionalnu pojavnost pojedinih dubina – više mreža bačeno je u dublje dijelove kako bi se pokrila veća površina. Broj postavljenih mreža ovisio je o veličini samog vodnog tijela (Tablica 4.67.), ali i o stupnju trofije, pa tako u slučaju velike umjetne i znatno promijenjene stajaćice s nejednolikim dnom, mreže smo nasumično postavljali na način da se uzorkovanjem pokriju sve dubine, pod uvjetom da je broj mreža maksimalno osam u oligo- i mezotrofnim uvjetima kako ne bi došlo do prelova. Generalno, broj korištenih mreža u produktivnijim jezerima je bio manji jer ukoliko ulov ribe po jednoj mreži prelazi 6 kg, rezultati se ne smatraju savršenima, te se vrijeme uzorkovanja idući put mora skratiti. Također, u slučaju malih vodnih tijela ( $\leq 10$  ha), broj mreža treba prilagoditi uvjetima staništa, a njihov broj ne smije biti manji od 4 tijekom 12-satnog uzorkovanja.

Iako mnogi naglašavaju da se višestrukim uzorkovanjem na jednom te istom odsječku povećava broj vrsta i mijenja vrijednost indeksa, Didier (1997) i Kestemont sa suradnicima (2000) u belgijskoj Valoniji, na temelju istraživanja, zaključuju da se u 50% slučajeva vrijednost indeksa uopće ne razlikuje, u 42% minimalno, a samo u 8% značajno razlikuje s obzirom na ribolov u jednom ili dva navrata. Obzirom na tako malen udio značajnih razlika u oba istraživanja, zaključeno je da nema potrebe za višestrukim uzorkovanjem, već je bitna površina, odnosno vrijeme uzorkovanja.

#### Determinacija riba, mjerenje te rukovanje ribama prije njihovog ponovnog puštanja u rijeku

Sve su ribe što prije moguće uklonjene iz mreže, te determinirane do razine vrste na temelju vanjskih morfoloških značajki uz pomoć determinacijskih ključeva (Vuković i Ivanović, 1971; Povž i Sket, 1990; Miller i Loates 1997; Kottelat i Freyhof, 2007). Ukoliko je u mreže uhvaćena veća količina jedinki, mreže su se odnosile na hladnija mjesta kako bi se spriječio pomor uhvaćene ribe. U slučaju sumnje u točnost određivanja (hibridi, vrlo bliske vrste, mlade jedinke), takve jedinke su konzervirane i odnesene u laboratorij radi precizne determinacije. Riba su konzervirane u 4%-tnoj otopini formaldehida. Sve konzervirane jedinke s različitih postaja odvojene su u zasebne posude koje su obilježene izvana i iznutra.

Svim ribama je, prilikom determinacije, procijenjena standardna duljina tijela (SL) i izmjerena masa u gramima (g). Suvremene norme nalažu da se jedinkama nakon determinacije procijeni standardna duljina tijela (SL) bez preciznog mjerenja ihtiomrom do najbližeg centimetra. Duljinu jedinke procjenjuje osoba koja obavlja determinaciju kako bi se riba što prije živa vratila u vodu i kako bi se dodatno manipuliranje jedinkom svelo na najmanju moguću mjeru, čega smo se prilikom obrade i pridržavali koliko god je bilo moguće. Prilikom mjerenja riba utvrđivana je prisutnost vanjskih anomalija. Vanjskim anomalijama smatraju se vidljiva vanjska kožna ili potkožna oštećenja ili nametnici. Ovdje se ubrajaju deformacije, oštećene peraje, lezije, tumori i bolesti. Ako je broj jedinki s vanjskim anomalijama izrazito veći od uobičajenog, tada se radi o stresu u zajednici, te takva zajednica ne predstavlja prirodno stanje populacije.

#### 4.4.1.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka

Sve su ribe uspješno određene do vrste na terenu i nije bilo potrebe za laboratorijskom obradom podataka. RIBE koje su bez posljedica preživjele uzorkovanje, vraćene su u prirodu. Izuzetak su invazivne i strane vrste koje su izuzete iz prirode.

Uzorkovanje riba na rijekama za potrebe izračunavanja Hrvatskog indeksa za umjetne i znatno promijenjene stajačice prema ribama (HRIRuS) provedeno je s ciljem procjene:

- sastava vrsta i raznolikosti,
- trofičkih odnosa,
- zastupljenosti vrsta pojedinih reproduksijskih, prehrambenih i drugih ekoloških značajki.

#### *4.4.1.2. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije na osnovu riba*

##### Pokazatelji za ocjenu ekološkog potencijala

##### Opis ribljih metrika korištenih za opisivanje ribljih zajednica hrvatskih umjetnih stajaćica

Sve uzorkovane vrste riba grupirane su prema supstratu na kojem mrijeste (litofili, fitofili, fitolitofili, pelagofili, vrste koje se mrijeste u moru), prema tipu prehrane (herbivori, planktivori, invertivori, piscivori, omnivori) te prema načinu života (bentopelagičke i bentičke) (Tablica 4.68.). U Tablici 4.68. su navedene i strane vrste koje su do sada zabilježene u pojedinim dijelovima Dinaridske ekoregije. Operativnu listu nikako ne treba smatrati savršeno pouzadnom i konačnom, s obzirom da se može očekivati i širenje novih stranih vrsta u pojedine vodotoke, ali i nestanak stranih vrsta iz pojedinih vodotoka uslijed mjera uklanjanja. Stoga je u Tablici 4.68. prikazan trenutni popis, koji je podložan i pozitivnim i negativnim promjenama. Promjene u Operativnoj listi vjerojatne su ne samo vezano uz invazivne vrste, već i kao posljedica novih taksonomskih istraživanja.

**Tablica 4.68.** Operativna lista svojiti riba hrvatskih vodotoka Dinaridske ekoregije s navedenim ekološkim značajkama važnima za utvrđivanje metrika ribljih zajednica. U Tablici su navedene strane vrste koje su zabilježene u pojedinim vodotocima.

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Alburnus arborella</i> (Bonaparte, 1841)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za vodotoke Like
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za jadranski slijev
<i>Alburnus neretvae</i> Buj, Šanda & Perea, 2010	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Ameiurus melas</i> Rafinesque, 1820)	Bentos	Fitolitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	More	Invertivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	Vodeni stupac	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Aulopyge huegelii</i> Heckel, 1843	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839	Bentos	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fito	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	Vodeni stupac	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	Vodeni stupac	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Chondrostoma knerii</i> Heckel, 1843	Bentos	Litofil	Herbivor	Reofilna	
<i>Chondrostoma phoxinus</i> Heckel, 1843	Bentos	Litofil	Herbivor	Reofilna	
<i>Cobitis bilineata</i> Canestrini, 1865	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Cobitis dalmatina</i> Karaman, 1928	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis elongata</i> Heckel & Kner, 1858	Bentos	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis elongatoides</i> Băcescu & Mayer, 1969	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis illyrica</i> Freyhof & Stelbrink, 2007	Bentos	Fitofil	Invertivor	Limnofilna	
<i>Cobitis jadovaensis</i> Mustafic & Mrakovcic, 2008	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis narentana</i> Karaman, 1928	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	Vodeni stupac	Pelagofil	Herbivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Delminichthys adpersus</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys ghetaldii</i> (Steindachner, 1882)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys jadovensis</i> (Zupančić & Bogutskaya, 2002)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys krbavensis</i> (Zupančić & Bogutskaya, 2002)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859	Vodeni stupac		Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Gobio obtusirostris</i> Valenciennes, 1842	Bentos	Psamofil	Invertivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	Stana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Knipowitschia mrakovcici</i> Miller, 2009	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Knipowitschia panizzae</i> (Verga, 1841)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Knipowitschia radovici</i> Kovačić, 2005	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Liza ramada</i> (Risso, 1827)	Bentos	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede, 1802)	Vodeni stupac	Fitolitofil/psamofil	Piscivor	Limnofilna	Stana vrsta za Hrvatsku
<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Orsinigobius croaticus</i> Mrakovčić, Kerovec, Mišetić & Schneider, 1996	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Euitopna	Strana vrsta za vodotoke Like
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitolitofil	Invertivor/Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Phoxinus lumaireul</i> (Schinz, 1840)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	Vodeni stupac	Ostrakofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Romanogobio benacensis</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Psamofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Rutilus aula</i> (Bonaparte, 1841)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Rutilus basak</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Sabanejewia balcanica</i> (Karaman, 1922)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Sabanejewia larvata</i> (De Filippi, 1859)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Limnofilna	
<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso y del Rio, 1801)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	Strana vrsta u vodotocima Like
<i>Salmo farioides</i> Karaman, 1938	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Salmo labrax</i> Pallas, 1814	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta u jadranskom slijevu (osim Rječine)
<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta Hrvatskoj
<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Scardinius dergle</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Scardinius plotizza</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	
<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	Bentos	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Squalius illyricus</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Squalius microlepis</i> Heckel, 1843	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Squalius svallize</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Squalius zrmanjæ</i> Karaman, 1928	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta u vodotocima Like
<i>Telestes croaticus</i> (Steindachner, 1866)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes fontinalis</i> (Karaman, 1972)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes karsticus</i> Marčić & Mrakovčić, 2011	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes miloradi</i> Bogutskaya, Zupančić, Bogut & Naseka, 2012	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes polylepis</i> Steindachner, 1866	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes tursky</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes ukliva</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta u Lici i jadranskom slijevu
<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev

Nakon uzorkovanja, determinacije i mjerenja vrsta, pripremili smo ukupno 88 metrika koje opisuju riblje zajednice (Tablica 4.69.) Metrike su grupirane tako da opisuju četiri karakteristična tipa (prema Furse i sur. 2006), osim toga uključene su i dodatne metrike, slično kao što je rađeno u prijašnjim procjenama indeksa temeljenih na ribljim zajednicama (npr. Petriki i sur., 2017).

Važno je napomenuti, svrstavanje pojedinih ribljih metrika unutar tipova (kako je definirano u Furse i sur., 2006) ponekad je proizvoljno, zato što se neke metrike mogu svrstati pod više tipova. Primjerice, udio jedinki i biomase vrsta koje spadaju u određeni hranidbeni i stanišni tip mogu se smatrati funkcionalnim metrikama zato što one odgovaraju ekološkim funkcijama svojte, ali uz to one su osjetljive/tolerantne metrike jer se mijenjaju kao odgovor na pojedini pritisak. Svi su tipovi dobro zastupljeni u metrikama koje opisuju riblju zajednicu hrvatskih tekućica.

**Tablica 4.69.** Pregled metrika koje opisuju riblju zajednicu (kratice su u zagradama pored naziva) te koje su uključene u statističke analize.

Metrike sastava zajednice	Metrike bogatstva/ raznolikosti	Metrike osjetljivosti/ tolerancije	Funkcionalne metrike	Ostale metrike
Udio nativnih vrsta (pSn)	Ukupan broj vrsta (S)	Udio jedinki nativnih vrsta (uSn)	Broj litofilnih vrsta (LITH)	Ukupna biomasa (B)
Udio stranih vrsta (pSa)	Broj nativnih vrsta (Sn)	Udio jedinki stranih vrsta (uSa)	Broj fitofilnih vrsta (PHYT)	Biomasa jedinki nativnih vrsta (Bnat)
Udio fitofilnih vrsta (pPHYT)	Broj stranih vrsta (Sa)	Udio jedinki litofilnih vrsta (uLITH)	Broj pelagofilnih vrsta (PEL)	Biomasa jedinki stranih vrsta (Balo)
Udio fito-litofilnih vrsta (pPHLI)	Udio vrsta iz reda Salmoniformes (pSALM)	Udio jedinki fitofilnih vrsta (uPHYT)	Broj psamofilnih vrsta (PSAM)	Ukupna duljina vrste s najvećom gustoćom s obzirom na broj jedinki (TLmaxn)
Udio pelagofilnih vrsta (pPEL)	Udio vrsta iz reda Cypriniformes (pCYPR)	Udio jedinki fito-litofilnih vrsta (uPHLI)	Broj vrsta koje mrijeste u moru (SEA)	Ukupna duljina vrste koja
Udio psamofilnih vrsta (pPSAM)	pSALM/pCYPR	Udio jedinki pelagofilnih vrsta (uPEL)	Broj invertivornih vrsta (INV)	
Udio vrsta koje mrijeste u moru (pSEA)	pPERC (udio vrsta iz reda		Broj omnivornih vrsta (OMNI)	



Metrike sastava zajednice	Metrike bogatstva/ raznolikosti	Metrike osjetljivosti/ tolerancije	Funkcionalne metrike	Ostale metrike
Udio invertivornih vrsta (pINV) Udio omnivornih vrsta (pOMNI) Udio piscivornih vrsta (pPISC) pPISC/pINV Udio bentopelagičkih vrsta (pWCOL) Udio bentičkih vrsta (pBENT)	Perciformes)/pCYP R Shannonov indeks (H) Recipročni Simpsonov indeks (1/S) Margalefov indeks (MI) Alpha indeks (A) Berger-Parkerov indeks (d) Shannonov Indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat) Recipročni Simpsonov indeks temeljen na nativnim vrstama (1/S) Margalefov indeks temeljen na nativnim vrstama (Mlnat) Alpha indeks temeljen na nativnim vrstama (Anat) Berger-Parkerov indeks temeljen na nativnim vrstama (dnat) Hnat-H (Hdif) 1/Snat-1/S (1/Sdif) Mlnat-MI (Mldif) Anat-A (Adif) dnat-d (ddif) Hnat/H (Hrat) 1/Snat/1/S (1/Srat) Mlnat/MI (Mlrat) Anat/A (Arat) dnat/d (drat)	Udio jedinki psamofilnih vrsta (uPSAM) Udio jedinki vrsta koje mrijeste u moru (uSEA) Udio jedinki invertivora (uINV) Udio jedinki omnivora (uOMNI) Udio jedinki piscivora (uPISC) uPISC/uINV Udio jedinki bentopelagičkih vrsta (uWCOL) Udio jedinki bentičkih vrsta (uBENT) Udio jedinki vrsta iz reda Salmoniformes (uSALM) Udio jedinki vrsta iz reda Cypriniformes (uCYPR) uSALM/uCYPR uPERC (udio jedinki vrsta iz reda Cypriniformes)/uCYP R Udio biomase jedinki nativnih vrsta (bnat) Udio biomase jedinki stranih vrsta (balo)	Broj piscivornih vrsta (PISC) Broj bentopelagičkih vrsta (WCOL) Broj bentičkih vrsta (BENT) Udio biomase fitofilnih vrsta (bPHYT) Udio biomase fito-litofilnih vrsta (bPHLI) Udio biomase pelagofilnih vrsta (bPEL) Udio biomase psamofilnih vrsta (bPSAM) Udio biomase vrsta koje mrijeste u moru (bSEA) Udio biomase invertivornih vrsta (bINV) Udio biomase omnivornih vrsta (bOMNI) Udio biomase piscivornih vrsta (bPISC) bPISC/bINV Udio biomase bentopelagičkih vrsta (bWCOL) Udio biomase bentičkih vrsta (bBENT) Udio biomase vrsta reda Salmoniformes (bSALM) Udio biomase vrsta reda Cypriniformes (bCYPR) bSALM/bCYPR	zauzima najveći udio u biomasi (TLmaxb)

### Opis okolišnih parametara i indikatora

Ukupno je 20 okolišnih parametara uključeno u statističke analize. Ti parametri opisuju stanišne uvjete i antropogene pritiske, uključujući fizikalno-kemijske, morfološke i hidrološke uvjete (temperatura zraka, temperatura vode, prozirnost, koncentracija klorofila *a*, pH vrijednost, koncentracija suspendiranih tvari, alkalinitet, salinitet, koncentracija otopljenog kisika, biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), koncentracija amonija, nitrita, nitrata, ukupnog dušika, ortofosfata, ukunog fosfora, otopljenih silikata, ukupni organski ugljik (TOC), hidrološki režim i morfološka ocjena). U analizu su uključene prosječne vrijednosti svih fizikalno-kemijskih parametara mjerene u toplijem dijelu godine (od travnja do rujna).

Osim okolišnih parametara i indikatora antropogenih pritisaka, u izradi klasifikacijskoj sustava ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene stajačice Dinaridske ekoregije, i same su invazivne vrste smatrane pritiskom te su analizirani odgovori riblje zajednice, uz uobičajene i već spomenute pritiske, i na zastupljenost stranih vrsta. Dva su osnovna razloga za ovakvo sagledavanje utjecaja stranih vrsta:

1. Njihova pojava u akumulacijama Dinaridske ekoregije nije posljedica njihovog prirodnog širenja i naseljavanja staništa na kojima su promijenjeni uvjeti (u tom bismo ih slučaju, koji je često prisutan u Panonskoj ekoregiji, mogli smatrati odgovorom na pritiske), već su isključivo uneseni namjernim poribljavanjem.
2. Utjecaj unesenih stranih vrsta na autohtonu ihtiofaunu, među kojima su i mnoge endemske vrste, izuzetno je velik te smatramo da su upravo strane vrste jedan od glavnih uzroka smanjenja gustoća populacija, pa čak i izumiranja nativnih vrsta u krškim vodotocima Hrvatske.

Iz navedenih razloga strane su vrste u ovom istraživanju smatrane pritiskom na koji je utvrđeno više statistički značajnih odgovora riblje zajednice. Isti princip primijenjen je u razvoju metodologije procjene ekološkog stanja hrvatskih jezera na temelju riba kao biološkog elementa (Mustafić i sur., 2020), a koji je prihvaćen od strane ECOSTAT agencije Europske Komisije. Štoviše, s obzirom da su riblje zajednice akumulacija Dinaridske ekoregije uvelike promijenjene upravo zbog prisutnosti stranih vrsta te su na većini lokaliteta strane vrste dominantne u zajednici, a vrlo je malo broj lokaliteta na kojima dominiraju ili su prisutne samo nativne vrste, niti odgovori na pritiske analizirani u ovom istraživanju nisu posve realni, jer ih zapravo daju uvelike promijenjene zajednice. Stoga će uključivanje udjela stranih vrsta kao pritiska omogućiti razvoj uravnoteženijeg indeksa ekološkog potencijala, koji će odražavati najveće prijete po riblje zajednice, ali, što je također važno, i oporavak ribljih zajednica prilikom primjene mjera ublažavanja.

#### Opis statističkih analiza uključenih u selekciju metrika

Pripremljena su dva seta parametara, jedan koji opisuje riblje zajednice te drugi koji objedinjuje okolišne parametre i pritiske. Oni su odabrani tako da nema interkoreliranih parametara, a uključeni su samo parametri koji imaju normalnu distribuciju što će omogućiti jasnu poveznicu pritisaka i odgovora.

Nakon standardizacije izračunat je Pearsonov korelacijski koeficijent za sve metrike unutar pojedinog seta podataka, u slučajevima gdje je on bio iznad 0,7 jedna ili više metrika je isključena tj. ona s boljom ekološkom interpretacijom je zadržana. U slučajevima gdje ekološka interpretacija nije bila jasna, obje varijable uključene su u sljedeći korak, a ona koja je dala niži odgovor na pritisak (ili uopće nije pokazala odgovor) isključena je u tom koraku.

Odgovori ribljih metrika na sve okolišne parametre i pritiske analizirani su linearnom regresijom. Metrike koje su pokazale značajnu korelaciju s barem jednim pritiskom ( $R^2 > 0,354$ ,

$p < 0,05$ ) provjerene su u skladu s pretpostavkama linearne regresije (normalna distribucija, linearnost i izostanak multikolinearnosti). Metrike za koje su oba uvjeta bila zadovoljena (značajna korelacija s barem jednim pritiskom i linearnost), uključene su u razradu indeksa. Nadalje, korelacijski koeficijenti su izračunati između metrika za oba seta podataka, u slučajevima kada su pokazali značajnu korelaciju, one metrike za koje su dobiveni bolji odgovori na pritiske su na koncu uključene u izračun indeksa. Sve statističke analize provedene su u programima Excel Office 2019 i TIBCO Statistica 13.

#### 4.4.1.2.1. Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa

U Tablici 4.70. navedene su metrike riblje zajednice koje su pokazale jasan odgovor na određeni pritisak za umjetne i znatno promijenjene stajačice Dinaridske ekoregije, a uz to imaju normalnu distribuciju i zadovoljavaju presumpcije linearnosti te su, kao što će biti detaljnije opisano kasnije, korištene za izračun Hrvatskog indeksa za umjetne i znatno promijenjene stajačice prema ribama (HRIuS). Iako je razvijena tipologija umjetnih i znatno promijenjenih stajačica te sve analizirane stajačice ne pripadaju istom tipu, najznačajniji odgovori na pritiske dobiveni su kada su svi lokaliteti promatrani zajedno pa je, u konačnici, razvijen jedan indeks za ocjenu svih umjetnih i znatno promijenjenih stajačica, bez obzira kojim tipu prema nacionalnoj klasifikaciji pripadaju.

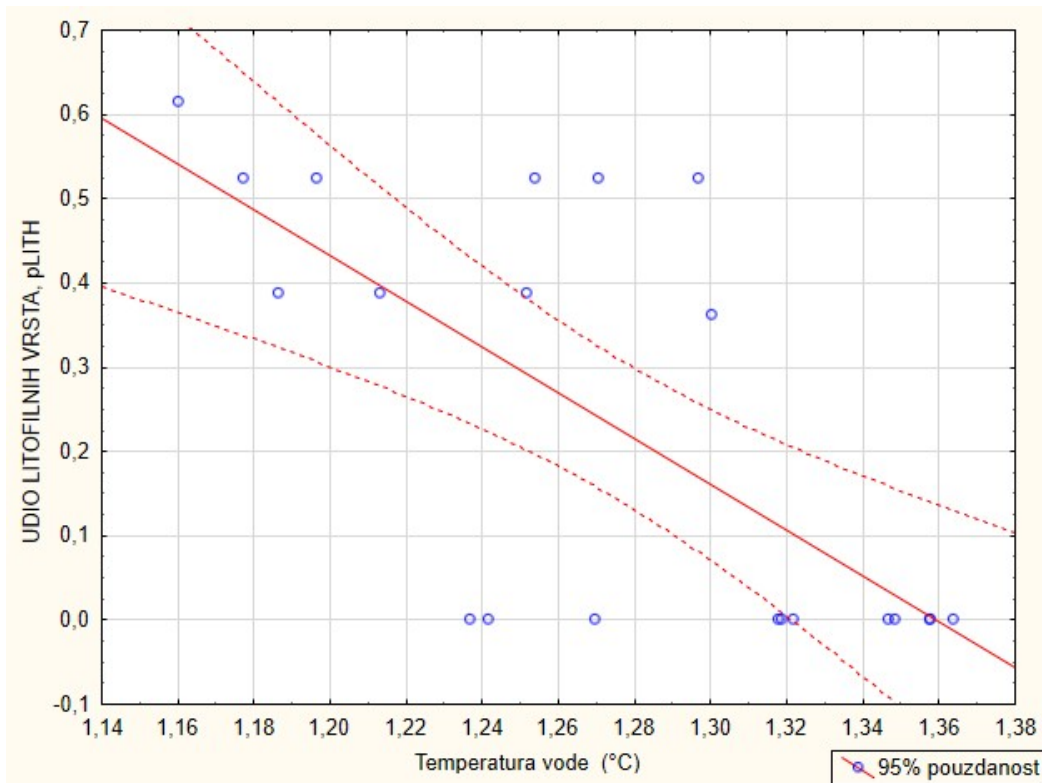
**Tablica 4.70.** Metrike riblje zajednice koje su pokazale odgovore na pojedine pritiske za umjetne i znatno promijenjene stajačice. Odgovori ribljih metrika utvrđeni su metodom linearne regresije uz uvjete  $R^2 > 0,35$ , a  $p < 0,05$ .

<b>ODNOS PRITISAK - ODGOVOR</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>Udio litofilnih vrsta (pLITH) pokazuje odgovor na temperaturu vode</b>	<b>0,462</b>	<b>0,000</b>
<b>Udio vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes (pCIPR) pokazuje odgovor na temperaturu vode</b>	<b>0,370</b>	<b>0,002</b>
<b>Udio jedinki nativnih vrsta (uSn) pokazuje odgovor na udio stranih vrsta (pSa)</b>	<b>0,741</b>	<b>0,000</b>
<b>Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat) pokazuje odgovor na udio stranih vrsta (pSa)</b>	<b>0,440</b>	<b>0,001</b>

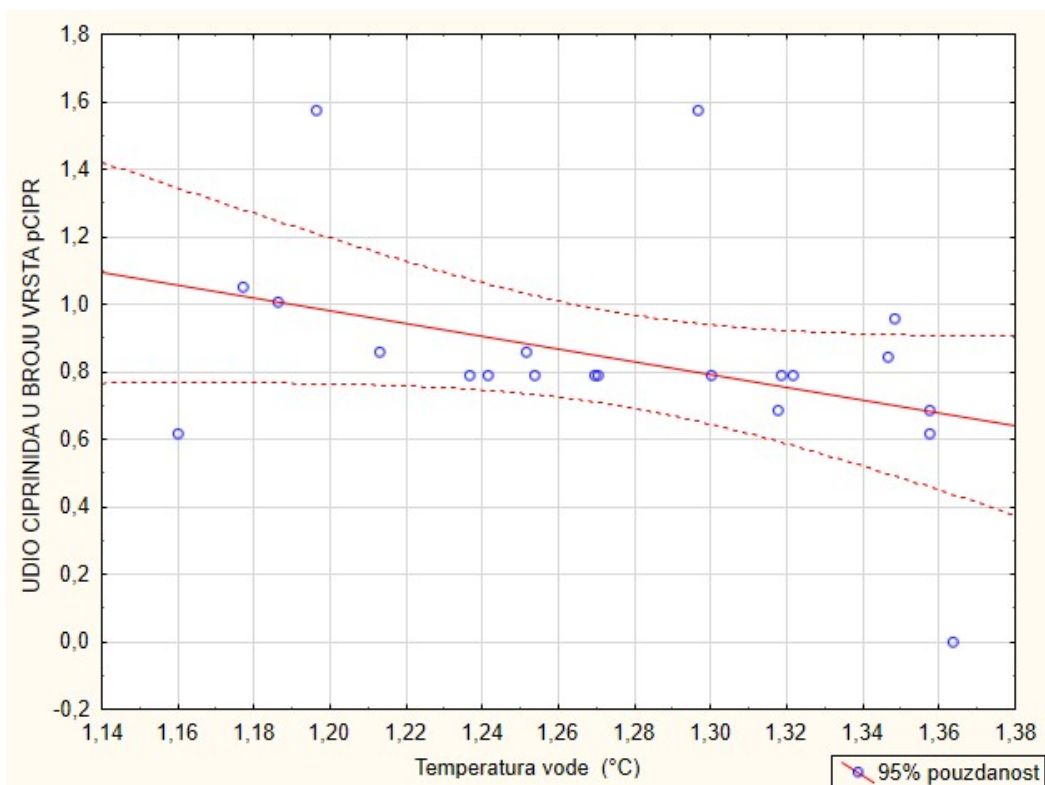
U sljedećim poglavljima opisani su i ilustrirani utvrđeni statistički značajni odgovori metrika ribljih zajednica na pritiske. Kao što je već navedeno, oni su utvrđeni metodom linearne regresije uz uvjete  $R^2 > 0,35$  i  $p < 0,05$ .

Opisi odgovora metrika riblje zajednice na pritiske u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije:

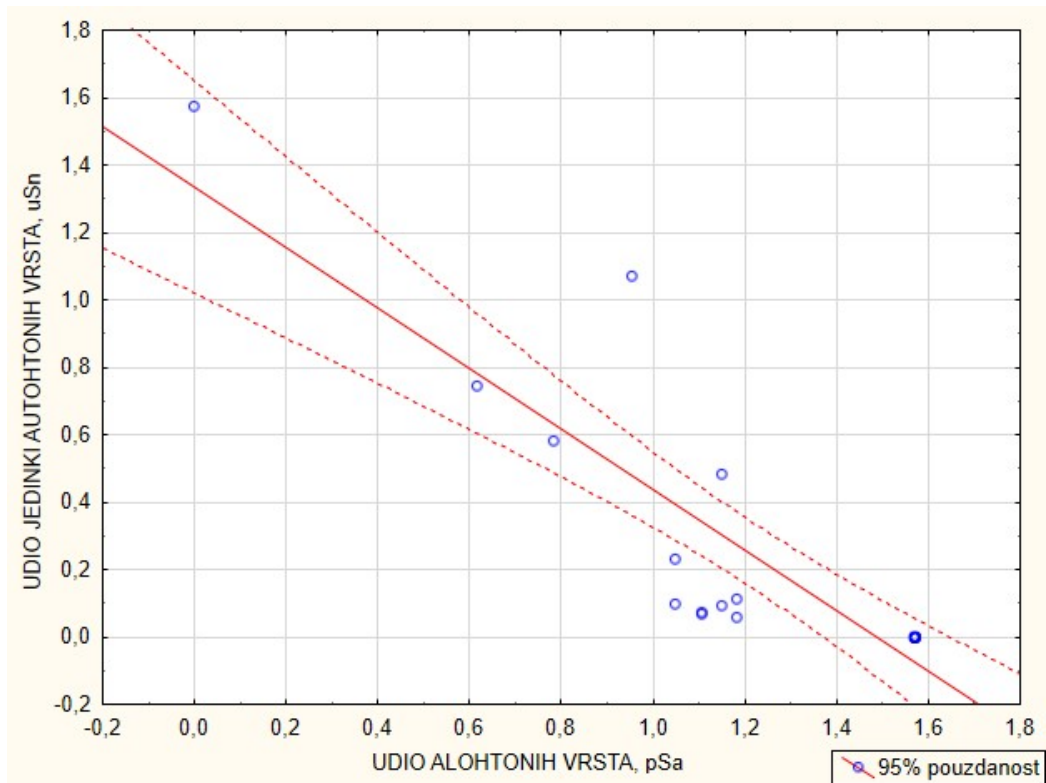
- Udio litofilnih vrsta (pLITH) pokazuje statistički značajan odgovor na temperaturu vode ( $R^2=0,462$ ,  $p=0,000$ ; Slika 4.15.). Odgovori parametara ribljih zajednica na promjenu temperature primijećeni su i na prirodnim vodotocima, a logično ih je očekivati u svim situacijama kada dolazi do usporavanja tekućica ili stvaranja stajaćica iz tekućica, ali promjene temperature često prate i eutrofikacijske procese. Nadalje, do porasta temperature u vodotocima dolazi i uslijed klimatskih promjena, s tim da možemo očekivati kako će negativni učinci klimatskih promjena najprije doći do izražaja upravo u plićim, stajaćim vodama. Porast temperature vode česta je posljedica hidroloških i morfoloških promjena na vodotocima. Povišena temperatura vode često je suboptimalna ili posve nepogodna za native vrste, osobito osjetljive, dok invazivne vrste redovito imaju širu ekološku valenciju i dobro podnose temperaturne fluktuacije i povišenje temperature.
- Udio vrsta koje pripadaju redu Cypiniformes (pCIPR) također pokazuje statistički značajan odgovor na temperaturu ( $R^2=0,37$ ,  $p=0,002$ ; Slika 4.16.). Uobičajena je situacija u prirodnim ihtiocenozama da s porastom temperature raste udio vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes, a pada udio vrsta koje pripadaju redu Salmoniformes. U umjetnim i znatno promijenjenim stajaćicama izgleda da je povišenje temperature prijetnja čak i za predstavnike reda Cypriniformes te dolazi do opadanja broja vrsta, vjerojatno na korist stranih vrsta, koje osobito dobro iskorištavaju promijenjene stanišne uvjete.
- Udio jedinki nativnih vrsta (uSn) pokazuju vrlo jak, statistički značajan odgovor na udio stranih vrsta (pSa) ( $R^2=0,741$ ,  $p=0,000$ ; Slika 4.17.). Očekivano, udio nativnih vrsta daje snažan odgovor na udio stranih vrsta, međutim zanimljivo je da je najjači odgovor dobiven u udjelu jedinki nativnih vrsta, što dokazuje pretpostavku kako invazivne vrste (a sve strane vrste u krškim vodotocima možemo smatrati invazivnima jer sve imaju neposredne ili posredne negativne učinke na nativnu ihtiofaunu), zahvaljujući svom visokom reproduktivnom potencijalu i nadjačavanju nativnih vrsta u međusobnoj kompeticiji, stvaraju guste populacije i budu predstavljene velikim brojem jedinki. Istovremeno, gustoće populacija nativnih vrsta sve se više smanjuju pa, čak i ako su još uvijek prisutne, zabilježene su samo s malim brojem jedinki. Kako su native vrste vrlo često i endemske, ovo predstavlja izuzetan problem na razini očuvanja biološke raznolikosti Hrvatske.
- Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat) pokazuje statistički značajan odgovor na udio stranih vrsta (pSa) ( $R^2=0,440$ ,  $p=0,001$ ; Slika 4.18.). Ovaj odgovor jasno dokazuje kako pritisak stranih vrsta smanjuje raznolikost autohtone ihtiofaune jer dolazi i do smanjenja gustoće populacija i do nestanka autohtonih vrsta.



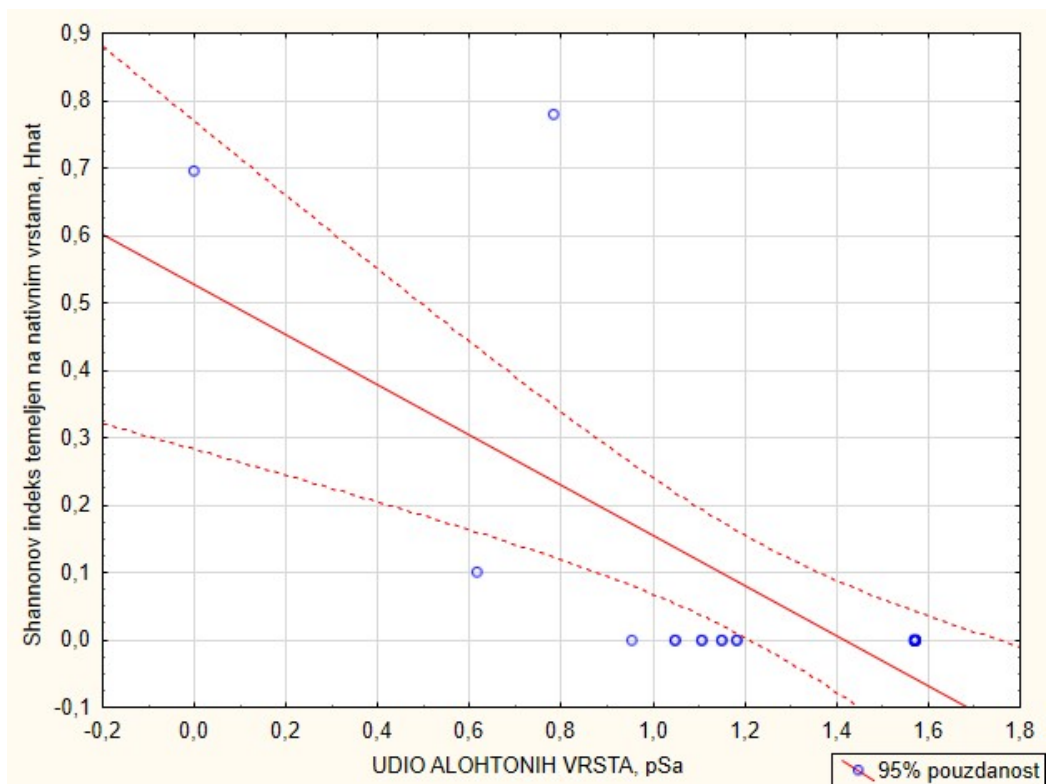
**Slika 4.15.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela litofilnih vrsta (pLITH) i temperature vode, na temelju standardiziranih mjera.



**Slika 4.16.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes (pCIPR) i temperature vode, na temelju standardiziranih mjera.



**Slika 4.17.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela jedinki autohtonih vrsta (uSn) i udjela alohtonih vrsta (pSa), na temelju standardiziranih mjera.



**Slika 4.18.** Grafički prikaz linearne regresije između Shannonovog indeksa temeljenog na nativnim vrstama (Hnat) i udjela alohtonih vrsta (pSa), na temelju standardiziranih mjera.

#### 4.4.1.2.2. Definiranje maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala

Prilikom određivanja ekološkog potencijala pojedinog umjetnog, odnosno znatno promijenjenog vodnog tijela mogu se koristiti dva pristupa. Prvi pristup uključuje prepoznavanje mjera ublažavanja pritiska, s tim da te mjere ne bi trebale same po sebi uzrokovati negativne posljedice po okoliš niti imati značajan utjecaj na namjenu umjetnih/znatno promijenjenih vodnih tijela (CIS Direktiva dokument br. 4). Na taj je način moguće definirati maksimalan ekološki potencijal (MEP) koji bi za odabrane metrike ribljih zajednica označavao vrijednosti tih metrika u najboljem mogućem stanju, odnosno kada su poduzete i efikasno provedene sve predložene mjere za ublažavanje pritiska (naglašavamo da neke od predloženih mjera djeluju na same pritiske, dok neke djeluje na rješavanje njihovih posljedica, što oboje pridonosi ostvarivanju maksimalnog ekološkog potencijala pojedinih vodnih tijela). Dobar ekološki potencijal (DEP) zatim se definira kao blagi otklon vrijednosti metrika za koje je utvrđeno da odgovaraju MEP-u te je, kao posljednji korak, bitno istaknuti mjere ublažavanja pritiska koje su potrebne za postizanje DEP-a.

Drugi način utvrđivanja graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala obuhvaća utvrđivanje referentnog stanja metrika za koje je zaključeno (opisanom statističkom procedurom) kako ih je potrebno uključiti u razvoj klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala. Referentno stanje može odgovarati vrijednostima navedenih metrika u nepromijenjenim ili gotovo nepromijenjenim zajednicama (za što je nužna poveznica između prirodnih i umjetnih, odnosno znatno promijenjenih vodnih tijela), ili je navedene metrike moguće odrediti tzv. *benchmark* procedurom u slučajevima kada ne postoje vodna tijela u kojima su riblje zajednice u prirodnom ili gotovo prirodnom stanju, ili je pak, kao što je to napravljeno prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog stanja za prirodne stajačice i tekućice u Hrvatskoj na temelju riba, moguće koristiti stručnu procjenu i literaturne podatke za određivanje najboljih mogućih vrijednosti pojedinih metrika (vrijednosti koje jesu ili bi bile prisutne u posve prirodnim zajednicama) i najgorih mogućih vrijednosti tih metrika.

S obzirom na općenito mali broj lokaliteta na temelju kojih se određuje klasifikacijski sustav ekološkog potencijala umjetnih stajačica, a osobito na izrazito malen broj lokaliteta koji predstavljaju pojedini tip umjetnih stajačica te izuzetno velike razlike među njima, ali i znatan antropogeni utjecaj prisutan na svim lokalitetima, nije moguće odrediti referentne lokalitete. Naime, na gotovo svim je lokalitetima zajednica znatnije promijenjena te ne možemo govoriti o prirodnim ili gotovo prirodnim ribljim zajednicama, iako za promjenu u ribljim zajednicama nije uvijek ili uglavnom odgovorna namjena vodnog tijela. Osim toga, stajačice uključene u analizu ne mogu imati iste prirodne riblje zajednice zbog njihove velike različitosti (neke su nastale pregrađivanjem tekućica, s tim da su već i tekućice različitih značajki, dok su neke nastale od mrtvaja i stajaćih voda, a neke su posve neprirodnog postanka). Izračuni odgovora na pritiske nisu dali zadovoljavajuće rezultate kad su se razmatrali tipovi zasebno, zbog premalog broja lokaliteta. Stoga je odlučeno računati odgovore na pritiske zajedno za sve umjetne stajačice Dinaridske ekoregije te je postupak rezultirao otkrivanjem statistički značajnih odgovora, međutim za tako različita i promijenjena vodna tijela nemoguće je odrediti



jedinstvenu riblju zajednicu koja bi bila referentna za sve. Međutim, na temelju literaturnih podataka i stručne procjene, moguće je definirati referentne uvjete, odnosno referentne vrijednosti metrika riblje zajednice koje odgovaraju maksimalnom ekološkom potencijalu, te je taj pristup slijeden u ovom istraživanju.

Prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za umjetne stajačice korišten je pristup odabira referentnih uvjeta, kao vrijednosti metrika ribljih zajednica bitnih za izračun indeksa, kakve bi bile u slučaju ostvarivanja najboljih mogućih zajednica unutar pojedine stajačice, a time i postizanja najboljih mogućih uvjeta unutar pojedinih vodnih tijela. Ovaj se pristup, dakle, temelji na procjeni referentnih uvjeta koji odgovaraju maksimalnom ekološkom potencijalu. Međutim, on je za ribe također usklađen i s pristupom određivanja MEP-a identifikacijom mjera ublažavanja, s obzirom da smatramo da će kvalitetna primjena predloženih mjera ublažavanja, prilagođenih za svaki pojedini lokalitet, omogućiti stabilizaciju ribljih zajednica i njihovo poboljšanje prema najboljim mogućim (referentnim) uvjetima, a time onda i povišenje ekološkog potencijala prema maksimalnom ekološkom potencijalu pojedinih umjetnih i znatno promijenjenih stajačica u Hrvatskoj. Naime, naše je stručno mišljenje kako je moguće djelovati ili na same pritiske ili na njihove učinke po riblju zajednicu te na taj način osigurati poboljšanje ekološkog potencijala umjetnih stajačica Dinaridske ekoregije na temelju riba kao biološkog elementa. Dobar ekološki potencijal definiran je kao blagi otklon vrijednosti metrika koje opisuju riblju zajednicu od tih vrijednosti kod maksimalnog ekološkog potencijala. Stoga će maksimalni ekološki potencijal odgovarati vrijednostima omjera ekološke kakvoće od 1, a dobar i bolji ekološki potencijal vrijednostima omjera ekološke kakvoće većima od 0,6. Radi utvrđivanja omjera ekološke kakvoće i definiranja graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala, potrebno je također odrediti i najlošije moguće vrijednosti pojedinih ribljih metrika (u skladu sa smjernicama iz Furse i sur., 2006), što je bila ili najgora zabilježena vrijednost u slučaju izrazito promijenjenih zajednica ili stručna procjena najgore moguće vrijednosti (npr. ako se radi o metrikama koje opisuju udio stranih vrsta, onda je najgore moguće stanje da su na nekom lokalitetu zabilježene isključivo strane vrste; Tablica 4.71.).

**Tablica 4.71.** Vrijednosti odabranih metrika ribljih zajednica kod maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) te u najgorim mogućim uvjetima za umjetne stajačice Dinaridske ekoregije.

METRIKA RIBLJE ZAJEDNICE	MEP	NAJGORI UVJETI
<b>Udio litofilnih vrsta (pLITH)</b>	0,3	0
<b>Udio vrsta iz reda Cypriniformes (pCIPR)</b>	0,8	0
<b>Udio jedinki nativnih vrsta (uSn)</b>	1	0
<b>Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat)</b>	1	0

#### 4.4.1.2.3. Izračun omjera ekološke kakvoće (OEK) prema ribama za umjetne stajačice

Omjeri ekološke kakvoće (OEK) izračunati su zasebno za sve odabrane metrike ribljih zajednica (metrike koje pokazuju značajan odgovor na neki pritisak, nisu međusobno korelirane



i zadovoljavaju uvjete normalnosti i linearnosti te su statistički značajno korelirane s pritiskom) unutar pojedinog tipa/skupine tipova tekućica. U tu je svrhu korištena formula iz Furse i sur. (2006):

$OEK_{\text{metrika}} = (\text{Vrijednost metrike} - \text{Donja granica}) / (\text{Gornja granica} - \text{Donja granica})$ , s obzirom da vrijednost svih uključenih metrika pada s porastom vrijednosti pritiska,

### Generiranje Hrvatskog indeksa ekološkog potencijala za umjetne stajaćice (HRIuS)

Kao što je već opisano, u prethodnim koracima izdvojili smo riblje metrike koje su se pokazale pogodnima za uključanje u multimetrijski indeks jer su pokazale značajan odgovor na pojedini pritisak, značajno su korelirane s pritiscima, ali nisu u međusobnoj interkoleraciji. Konačni indeks kakvoće za umjetne i znatno promijenjene stajaćice temeljen na ribama (HRIuS) izračunat je na način da su zbrojeni svi omjeri ekološke kakvoće i podijeljeni s 4:

$$HRIuS = \frac{OEK(pLITH) + OEK(pCIPR) + OEK(uSn) + OEK(Hnat)}{4}$$

HRIuS je multimetrijski indeks, koji integrira više metrika i pojednostavljuje odlučivanje jer jedna vrijednost može biti upotrijebljena za procjenu i monitoring kakvoće stajaćica (Furse i sur., 2006). Osim toga, predloženi indeks jasno i brzo će reagirati na poboljšanje struktura ribljih zajednica, odnosno ekološkog potencijala određenog na temelju riba kao biološkog elementa uslijed primjene mjera ublažavanja te će njegove vrijednosti rasti kako će se povećavati udio jedinki nativnih vrsta i njihova raznolikost, kao i udio litofilnih i cirinidnih vrsta koje bi prirodno trebale obitavati u krškim stajaćicama, a što može biti postignuto uklanjanjem i kontrolom stranih vrsta, reintrodukcijama i augmentacijama nativnih vrsta te sprječavanjem prevelikog povišenja temperature vode.

### Utvrđivanje graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala

Vrijednost HRIuS-a, kao multimetrijskog indeksa, zapravo je prosječna vrijednost četiri omjera ekološke kakvoće utvrđena za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije. Stoga HRIuS pokazuje odnos primijećenih metrika riblje zajednice i metrika kakve bi bile prisutne u slučaju postizanja maksimalnog ekološkog potencijala djelotvornom i kvalitetnom primjenom mjera ublažavanja, a ekološki potencijal vodotoka moguće je uvrstiti u jedan od četiri razreda (klasa), u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama. Vrijednosti indeksa koje su blizu 1 odnose se na nepromijenjene ili malo promijenjene zajednice, odnosno maksimalni ekološki potencijal vodotoka. S druge strane, ako su vrijednosti indeksa bliže 0, znači da su riblje zajednice izrazito promijenjene uslijed antropogenih pritisaka, prvenstveno velike zastupljenosti stranih vrsta. Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala raspoređene su ekvidistalno u odnosu na MEP, s time da dobar i bolji potencijal obuhvaća dvostruki raspon širina vrijednosti u odnosu na umjeren, loš i vrlo loš potencijal (obuhvaćaju po 0,2 širina svake klase) (Tablica 4.72.).

**Tablica 4.72.** Klasifikacija Hrvatskog indeksa za umjetne stajaćice prema ribama – granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za ribe kao biološki element kakvoće.

EKOLOŠKI POTENCIJAL	GRANIČNE VRIJEDNOSTI HRIuS-a
DOBAR I BOLJI	0,60-1,00
UMJEREN	0,40-0,59
LOŠ	0,21-0,39
VRLO LOŠ	0,00-0,20

#### 4.4.1.2.4. Opisi zajednica koje odgovaraju dobrom i boljem te umjerenom ekološkom potencijalu

Dobrom i boljem ekološkom potencijalu odgovaraju riblje zajednice koje su posve ili uglavnom sastavljene od nativnih vrsta, a strane vrste nisu prisutne ili su prisutne s malim brojem vrsta i jedinki. U zajednicama je prisutna veća raznolikost vrsta, a odnosi u zajednici omogućuju stabilnost svih nativnih vrsta. Udio jedinki nativnih vrsta u ukupnom broju jedinki, kao i Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama veći su od 0,6. Udio litofilnih vrsta veći je od 0,18, dok je udio vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes u ukupnom broju vrsta veći od 0,48.

Umjerenom ekološkom potencijalu odgovaraju zajednice u kojima su strane vrste prisutne s većim brojem i gustoćom jedinki te imaju negativan utjecaj na autohtonu ihtiofaunu. Broj nativnih vrsta je smanjen, kao i njihove gustoće, a odnosi u zajednicama djelomično poremećeni. Udio jedinki nativnih vrsta u ukupnom broju jedinki iznosi 0,4-0,6, a isti je raspon vrijednosti Shannonovog indeksa. Udio litofilnih vrsta u ukupnom broju vrsta iznosi 0,12-0,18, dok je udio vrsta iz reda Cypriniformes 0,32-0,48.

#### 4.4.1.2.5. Vrijednosti ekološkog potencijala utvrđene temeljem riba u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije te primjeri mogućih mjera za ublažavanje pritisaka

U Tablici 4.73. nalaze se omjeri ekološke kakvoće i izračuni ekološkog potencijala za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije. Kao što se može vidjeti, ekološki potencijal veći je u onim vodnim tijelima gdje je veća zastupljenost nativnih vrsta. Međutim, s obzirom na izrazitu promijenjenost zajednica te veliku zastupljenost stranih vrsta, na većini je lokaliteta ekološki potencijal znatno niži od maksimalnog ekološkog potencijala. Svakako možemo očekivati kako će uklanjanje/kontrola i sprječavanje unosa stranih vrsta te obnova populacija nativnih vrsta dovesti do poboljšanja ekološkog potencijala istraživanih stajaćica.

**Tablica 4.73.** Vrijednosti ekološkog potencijala u umjetnim stajaćicama Dinaridske ekoregije na temelju riba.

LOKALITET	TIP	OEK(pLITH)	OEK (pCIPR)	OEK (uSn)	OEK (Hnat)	HRIuS	EKOLOŠKI POTENCIJAL
jezero Sabljaci	HR-AD_10	0,48	0,71	0,00	0,00	0,30	LOŠ
jezero Lokvarka	HR-AD_5	0,48	0,89	0,01	0,00	0,34	LOŠ
akumulacija Štikada	HR-AD_3	0,83	0,63	0,00	0,00	0,36	LOŠ
akumulacija Lešće, Trošmarija	HR-AD_19	0,42	0,63	1,00	0,69	0,68	DOBAR I BOLJI
akumulacija Sklope, Kruščica	HR-AD_4	0,83	1,00	0,00	0,00	0,46	UMJEREN
akumulacija Brlog, Gusić polje	HR-AD_7	0,48	0,71	0,00	0,00	0,30	LOŠ
jezero Lepenica	HR-AD_2	0,00	0,63	0,00	0,00	0,16	VRLO LOŠ
Opsenica, Jurjević	HR-AD_1	0,83	1,00	0,05	0,00	0,47	UMJEREN
jezero Bajer	HR-AD_1	0,83	0,94	0,00	0,00	0,44	UMJEREN
Cetina, HE Peruča	HR-AD_13	0,00	0,63	0,01	0,00	0,16	VRLO LOŠ
Cetina, Pranjčevići	HR-AD_8	0,00	0,63	0,00	0,00	0,16	VRLO LOŠ
Cetina, Đale	HR-AD_9	0,00	0,63	0,00	0,00	0,16	VRLO LOŠ
akumulacija Brljan, Krka	HR-AD_15A	1,00	0,42	0,46	0,10	0,49	UMJEREN
Akumulacija Donji Bazen, Razovac	HR-AD_15B	0,83	0,63	0,30	0,78	0,63	DOBAR I BOLJI
akumulacija Ričica	HR-AD_3	0,00	0,83	0,77	0,00	0,40	UMJEREN
Prološko blato	HR-AD:11	0,00	0,42	0,21	0,00	0,16	VRLO LOŠ
akumulacija Ponikve, Krk	HR-AD_17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VRLO LOŠ
jezero kraj Njivica, Krk	HR-AD_16	0,00	0,50	0,00	0,00	0,13	VRLO LOŠ
jezero Tribalj	HR-AD_14	0,00	0,69	0,00	0,00	0,17	VRLO LOŠ
akumulacija Vlačine	HR-AD_16	0,00	0,50	0,00	0,00	0,13	VRLO LOŠ
akumulacija Butoniga	HR-AD_18	0,00	0,63	0,01	0,00	0,16	VRLO LOŠ

Kao što je vidljivo iz Tablice 4.73. većina umjetnih stajaćica Dinaridske ekoregije trenutno ima vrlo loš i loš ekološki potencijal, što je prvenstveno posljedica znatno izmijenjenih ribljih zajednica, u kojima trenutno dominiraju strane vrste (i po broju vrsta i po broju jedinki). U nekim zajednicama lošeg i vrlo lošeg potencijala još su se zadržali neki nativni elementi, ali s vrlo malim brojem jedinki, dok su u drugima prisutne isključivo strane vrste riba. Osim što ovakav rezultat predstavlja veliki problem za ekološku strukturu i funkciju ovih stajaćica, problem se odražava i na očuvanje ukupne biološke raznolikosti Hrvatske, i to upravo njenih najrjeđih sastavnica. Naime, prirodna ihtiofauna vodotoka Dinaridske ekoregije sadrži velik udio endemskih vrsta, a širenje stranih vrsta predstavlja izuzetnu opasnost za takve vrste, o čemu zorno svjedoči upravo situacija u umjetnim stajaćicama, gdje su nativne, endemske vrste svedene na vrlo male gustoće ili posve nestale. Iako je i promjena staništa zasigurno negativno utjecala na endemsku ihtiofaunu, osnovna prijetnja i razlog njihova nestanka upravo su strane

vrste. S druge strane, upravo promjena stanišnih uvjeta olakšava naseljavanje stranim vrstama i potiče stvaranje njihovih stabilnih populacija, s obzirom da strane vrste znatno bolje iskorištavaju promijenjene stanišne uvjete no što je to slučaj s nativnim vrstama, za koje promijenjeni uvjeti uglavnom nisu optimalni. Trenutna je situacija takva da umjetne stajačice Dinaridske ekoregije možemo smatrati centrima razvoja populacija, a sigurno i širenja stranih vrsta čak i u prirodne vodotoke. Smatramo kako je mjerama ublažavanja moguće i nužno preokrenuti takvu situaciju i osigurati da one postanu centri očuvanja autohtone ihtiofaune te tako, uz njihovu primarnu namjenu, razviti i moguću namjenu ovih vodnih tijela u očuvanju biološke raznolikosti.

Samo dvije istraživane stajačice imaju određen dobar i bolji ekološki potencijal, akumulacije Lešće i Donji Bazen. U Donjem Bazenu prisutne su dvije strane i dvije autohtone, endemske vrste, ali zastupljene s nešto većim brojem jedinki no što je to slučaj na drugim lokalitetima. Međutim, ako se hitno ne poduzmu mjere regulacije populacija stranih vrsta, možemo očekivati daljnje povećanje gustoće njihovih populacija i, posljedično, smanjenje ekološkog potencijala. Na akumulaciji Lešće zabilježene su samo autohtone vrste, što se odražava i u ekološkom potencijalu ovog lokaliteta. Međutim, zajednica je znatno siromašnija no što bi mogla biti u slučaju maksimalnog ekološkog potencijala.

S obzirom na prepoznate prijetnje i primijećene negativne efekte u ribljim zajednicama, smatramo kako su za poboljšanje ekološkog potencijala istraživanih lokaliteta najvažnije mjere usmjerene uklanjanju i kontroli stranih vrsta te obnovi populacija nativnih vrsta. Važno je naglasiti kako izostanak primjene mjera ublažavanja ne znači da će se zadržati utvrđen ekološki potencijal, već možemo očekivati njegovo daljnje smanjenje, uslijed daljnjeg širenja i povećanja gustoća populacija stranih vrsta, a smanjenja gustoća i nestanka nativnih vrsta. Mjere ublažavanja trebaju biti prilagođene svakom pojedinom lokalitetu, a izbor je moguć između velikog broja mjera i aktivnosti, među kojima su: uklanjanje i/ili regulacija populacija stranih vrsta, uspostavljanje sustava za rano uočavanje i brzo djelovanje u slučaju pojave stranih vrsta, sprječavanje poribljavanja stranim vrstama strogom kontrolom i edukacijom ribiča i lokalnog stanovništva, poticanje poribljavanja autohtonim vrstama u odgovarajućoj količini (poštujući kapacitet staništa kako ne bi dolazilo do prevelikog nakupljanja metaboličkih produkata i intenziviranja bakterijske razgradnje) koje će pridonijeti postizanju i očuvanju dobrog i boljeg ekološkog potencijala, reintrodukcija nativnih vrsta koje su nestale iz pojedinih lokaliteta, po potrebi uz uzgoj u zatočeništvu, augmentacija populacija nativnih vrsta radi povećanja njihove gustoće i osiguranja stabilnosti populacija, kontrola eutrofikacije, sprječavanje onečišćenja vodnih tijela iz drugih izvora, osiguranje odgovarajućih mikrostaništa (postavljamo odgovarajuće podloge i sadnjom vegetacije), a s ciljem osiguranja uvjeta za sve stadije nativnih vrsta riba, što će pridonijeti stabilizaciji autohtone ihtiofaune, sprječavanje porasta temperature i znatnih fluktuacija temperature osiguranjem odgovarajućeg zasjenjenja, sprječavanjem eutrofikacije, prevelike gustoće ribljih populacija i drugim mogućim mjerama, prilagođenima pojedinom lokalitetu.

Zaključno, u Tablici 4.74. dan je komparativan prikaz vrijednosti indeksa na temelju riba za stajaćice Dinaridske ekoregije, korištenjem metodologije razvijene za prirodna vodna tijela te novorazvijene metodologije prilagođene umjetnim stajaćicama.

**Tablica 4.74.** Usporedni prikaz indeksa ekološkog stanja/potencijala za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije, na temelju metodologije za prirodna vodna tijela i metodologije za umjetne i znatno promijenjene stajaćice Dinaridske ekoregije.

LOKALITET	TIP	METODOLOGIJA ZA PRIRODNA VODNA TIJELA		METODOLOGIJA ZA UMJETNA I ZNATNO PROMIENJENA VODNA TIJELA	
		HRIR	EKOLOŠKO STANJE	HRiUS	EKOLOŠKI POTENCIJAL
jezero Sabljaci	HR-R_6	0,87	VRLO DOBRO	0,30	LOŠ
jezero Lokvarka	HR-R_6	0,73	DOBRO	0,34	LOŠ
akumulacija Štikada	HR-R_6	0,04	VRLO LOŠE	0,36	LOŠ
akumulacija Lešće, Trošmarija	HR-R_7	0,75	DOBRO	0,68	DOBAR I BOLJI
akumulacija Sklope, Kruščica	HR-R_9	0,33	LOŠE	0,46	UMJEREN
akumulacija Brlog, Gusić polje	HR-R_9	0,00	VRLO LOŠE	0,30	LOŠ
jezero Lepenica	HR-R_10A	0,33	LOŠE	0,16	VRLO LOŠ
Opsenica, Jurjević	HR-R_10A	0,10	VRLO LOŠE	0,47	UMJEREN
jezero Bajer	HR-R_10A	0,33	LOŠE	0,44	UMJEREN
Cetina, HE Peruča	HR-R_12	0,25	LOŠE	0,16	VRLO LOŠ
Cetina, Pranjčevići	HR-R_12	0,33	LOŠE	0,16	VRLO LOŠ
Cetina, Dale	HR-R_12	0,25	LOŠE	0,16	VRLO LOŠ
akumulacija Brljan, Krka	HR-R_12	0,53	UMJERENO	0,49	UMJEREN
Akumulacija Donji Bazen, Razovac	HR-R_13	0,57	UMJERENO	0,63	DOBAR I BOLJI
akumulacija Ričica	HR-R_15B	0,43	UMJERENO	0,40	UMJEREN
Prološko blato	HR-R_15B	0,37	LOŠE	0,16	VRLO LOŠ
akumulacija Ponikve, Krk	HR-R_16B	0,00	VRLO LOŠE	0,00	VRLO LOŠ

LOKALITET	TIP	METODOLOGIJA ZA PRIRODNA VODNA TIJELA		METODOLOGIJA ZA UMJETNA I ZNATNO PROMIENJENA VODNA TIJELA	
		HRIR	EKOLOŠKO STANJE	HRIuS	EKOLOŠKI POTENCIJAL
jezero kraj Njivica, Krk	HR-R_16B	0,00	VRLO LOŠE	0,13	VRLO LOŠ
jezero Tribalj	HR-R_16B	0,27	LOŠE	0,17	VRLO LOŠ
akumulacija Vlačine	HR-R_16B	0,03	VRLO LOŠE	0,13	VRLO LOŠ
akumulacija Butoniga	HR-R_17	0,18	VRLO LOŠE	0,16	VRLO LOŠ

Premda su oba sustava, i onaj razvijen za prirodne tekućice Dinaridske ekoregije, kao i novorazvijeni sustav za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije ukazale na veliku izmijenjenost ihtiocenoza tih stajaćica i njihovo pretežno loše stanje, postoji određeni stupanj nesklada između ta dva sustava pa čak i slučajevi da sustav za prirodne tekućice rezultira boljom ocjenom od novorazvijenog sustava (Tablica 4.74.). To, međutim, nikako ne znači da je bolje i dobro primjenjivati taj sustav niti da je stanje ribljih zajednica na tim lokalitetima zadovoljavajuće, već je isključivo posljedica nekompatibilnosti sustava razvijenog za prirodne tekućice za ocjenu umjetnih stajaćica. Naime, specifičnosti umjetnih stajaćica nisu uopće bile uključene u razvoj metodologije za prirodne tekućice, zbog čega one metrike koje su se kod tih vodnih tijela pokazale bitnima za uljučenje u indeks ekološkog potencijala, nisu uključene u indeks ekološkog stanja tekućica. Posljedično, niti struktura riblje zajednice u odnosu na referentne uvjete nije prezentirana indeksom razrađenim za prirodna vodna tijela te on nikako nije relevantan za umjetna i znatno promijenjena vodna tijela, već njihov potencijal dobro opisuje novorazvijeni indeks HRIuS. Za procjenu i monitoring ekološkog stanja umjetnih stajaćica Dinaridske ekoregije na temelju riba potrebno je koristiti novorazvijeni indeks HRIuS, koji, osim što daje kvantitativnu procjenu ekološkog potencijala navedenih vodotoka utvrđenu statističkom procedurom koja se smatra adekvatnom za razvoj klasifikacijskih sustava, također će omogućiti i primjećivanje i kvantificiranje promjena tog ekološkog potencijala ovisno kako će se mijenjati oni pritisci koji su se pokazali značajnima upravo za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije.

## 4.4.2. Umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije

### 4.4.2.1. *Uzorkovanje i laboratorijska obrada podataka prema poglavljima definiranim u Metodologiji*

#### 4.4.2.1.1. Uzorkovanje

Uzorkovanje riba na umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama za potrebe izračunavanja Hrvatskog indeksa za umjetne i znatno promijenjene tekućice prema ribama (HRIuT) provedeno je s ciljem procjene:

- sastava vrsta i raznolikosti,
- trofičkih odnosa,
- zastupljenosti vrsta pojedinih reprodukcijских, prehrambenih i drugih ekoloških značajki.

U sklopu Europske okvirne direktive o vodama (EU Water Framework Directive ili ODV, 2000) propisan je standardni postupak izbora metode uzorkovanja riba (CEN 14962, 2004). Sve preporuke za uzorkovanje predložene od strane FAME konzorcija striktno su poštovane kako bi na svakoj postaji sakupljeni uzorak bio reprezentativan, odnosno vjerno prikazivao zajednicu riba. Dužina uzorkovanog dijela lokaliteta bila je dovoljno velika i uključivala je životni prostor dominantnih vrsta te obuhvaćala sva karakteristična staništa (brži i sporiji dijelovi, rukavci...) prisutna na zadanoj postaji pa svaki uzorak vjerno predstavlja riblju zajednicu te omogućuje kvalitetnu procjenu njene gustoće i dobne strukture populacija različitih vrsta. Uz obuhvaćanje što većeg broja staništa prilikom izbora postaje uzorkovanja, vodilo se računa i o pristupu samom mjestu uzorkovanja što je uvelike olakšano prethodnim poznavanjem postaja. Sva su uzorkovanja obavljena u skladu sa Zakonom o slatkovodnom ribarstvu te je, uz pribavljenu dozvolu za znanstveno uzorkovanje riba, prije izlaska na teren, svako uzorkovanje najavljeno policiji, ribarskim inspektorima i lokalnim ovlaštenicima ribolovnog prava. Lokaliteti koji se nalaze unutar zaštićenih područja uzorkovani su u skladu sa Zakonom o zaštiti prirode te je pribavljena dozvola za uzorkovanje unutar zaštićenih područja, a prije svakog uzorkovanja obaviještena je i javna ustanova koja upravlja zaštićenim područjem. Pribavljene su i dozvole za namjerno hvatanje i uznemiravanje strogo zaštićenih vrsta riba.

#### Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje za potrebe ovog istraživanja provedeno je tijekom 2018. i 2019. godine. Iako se europskim normama (CEN 14011, 2003; CEN 14757, 2005) ne određuje vrijeme uzorkovanja, vrijeme istraživanja prilagođeno je ekološkim zahtjevima vrsta te značajkama istraživanih lokaliteta. Zbog usporedbe rezultata, ponovljena uzorkovanja s ciljem monitoringa ekološkog potencijala tekućica na pojedinim postajama treba obaviti u isto ili što sličnije doba godine. Svi datumi uzorkovanja pojedinog lokaliteta navedeni su u Excel tablici koja je sastavni dio ovog izvješća. Svako uzorkovanje u ciprinidnim vodama obavljeno je u toplijem dijelu godine kada

je temperatura vode bila iznad 15°C, a izbjegnut je period mrijesta većine vrsta. U salmonidnim vodama uzorkovanje je moguće tijekom čitave godine, a također je izbjegnut period mrijesta.

### Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Lokaliteti (postaje) uzorkovanja propisani su projektnim zadatkom, a svaki je lokalitet uzorkovan tako da se maksimalno obuhvati raznolikost svih tipova staništa pojedinog lokaliteta. Na vodotocima čija je širina manja od 5 m uzorkovana je cijela širina vodotoka u dužini od minimalno 80 m. Na vodotocima širine od 5 do 15 m uzorkovana je cijela širina vodotoka u dužini od minimalno 150 m, a na vodotocima širim od 15 metara uzorkovano je samo uz obalu (lijevu, desnu ili obje) u dužini od minimalno 300 m.

### Način uzorkovanja

Sve umjetne i znatno promijenjene tekućice iz projektnog zadatka uzorkovane su metodom elektroribolova (CEN 14011, 2003). Na samom mjestu uzorkovanja izmjerene su geografske koordinate (pomoću GPS-a), fotografirano je mjesto uzorkovanja i određen je naziv postaje (prema kodnom sustavu Hrvatskih voda) u skladu s projektnim zadatkom i tipologijom vodotoka Hrvatske.

Pri uzorkovanju elektroribolovom koristili smo elektroribolovni agregat Hans-Grassl IG200-1B izlazne snage 5 kW, a za dublja vodena tijela elektroribolovni agregat Hans-Grassl EL63 II izlazne snage 7,5 kW. Ova metoda uzorkovanja omogućuje najbolju procjenu gustoće populacija, bogatstva vrsta i međusobnih odnosa zabilježenih vrsta riba, a predstavlja ujedno i najmanje štetan način ribolova u usporedbi s drugim metodama. Za potrebe ove studije elektroagregatom Hans-Grassl IG200-1B izlazne snage 5kW je lovljeno iz vode hodajući, a na lokalitetima dubine veće od 60 cm koristio se čamac i agregat Hans-Grassl EL63 II izlazne snage 7,5 kW. U dubljim vodama elektroribolov nije toliko efikasna metoda jer ribe imaju veću mogućnost izbjegavanja električnog polja. Lovljeno je jednom anodom promjera obruča 50 cm na dršku od stakloplastike dužine 2,5 m iz gumenog čamca prilagođenog za elektroribolov ili hodajući ako je dubina vodotoka bila manja od 60 cm. Uzorkovanjem su u najvećoj mjeri obuhvaćena sva postojeća staništa na svakom pojedinom lokalitetu, a posebno mjesta gdje se ribe mogu sakriti.

Minimalna duljina uzorkovanja razlikuje se među različitim vodotocima i područjima pri čemu je poštovan standardni postupak za normu. Prilikom svakog uzorkovanja mjereno je vrijeme i ugrubo GPS-om određena udaljenost koja je prijeđena. Na osnovu tih podataka moguće je izračunati lovni napor (CPUE) i površinu obuhvaćenu uzorkovanjem.

Vrlo je teško napraviti apsolutnu procjenu ribljih populacija u većim umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama pomoću elektroribolova. Moguće su jedino kvalitativne procjene ili procjene brojnosti rubnih dijelova i pojedinih ograničenih staništa. Veća učinkovitost ulova



moguća je povećanjem električnog polja i to najčešće povećanjem broja elektroda kojima se lovi. Pomoću čamca za elektroribolov može se loviti do određene dubine koja ovisi o snazi elektroagregata i jačini električnog polja.

Iako mnogi naglašavaju da se višestrukim uzorkovanjem na jednom te istom odsječku povećava broj vrsta i mijenja vrijednost indeksa, Didier (1997) i Kestemont sa suradnicima (2000) u belgijskoj Valoniji, na temelju istraživanja, zaključuju da se u 50% slučajeva vrijednost indeksa uopće ne razlikuje, u 42% minimalno, a samo u 8% značajno razlikuje s obzirom na ribolov u jednom ili dva navrata. Obzirom na tako malen udio značajnih razlika u oba istraživanja, zaključeno je da nema potrebe za višestrukim uzorkovanjem, već je bitna površina, odnosno vrijeme uzorkovanja.

#### Determinacija riba, mjerenje te rukovanje ribama prije njihovog ponovnog puštanja u rijeku

Sve su ribe determinirane odmah po ulovu, na temelju vanjskih morfoloških značajki uz pomoć determinacijskih ključeva (Vuković i Ivanović, 1971; Povž i Sket, 1990; Miller i Loates 1997; Kottelat i Freyhof, 2007). U slučaju sumnje u točnost određivanja (hibridi, vrlo bliske vrste, mlade jedinke), takve jedinke su konzervirane i odnesene u laboratorij radi precizne determinacije. Riba su konzervirane u 4%-tnoj otopini formaldehida. Sve konzervirane jedinke s različitih postaja odvojene su u zasebne posude koje su obilježene izvana i iznutra.

Svim ribama je, prilikom determinacije, procijenjena totalna duljina tijela (TL). Na temelju tog podatka, a u usporedbi s literaturnim podacima, procijenjena je na licu mjesta kvaliteta uzorka, jer povećana prisutnost bilo malih ili jako velikih jedinki upućuje na prisutnost stresa u zajednici. Suvremene norme nalažu da se jedinkama nakon determinacije samo procijeni totalna duljina tijela (TL) bez preciznog mjerenja ihtiomrom do najbližeg centimetra. Duljinu jedinke procjenjuje osoba koja obavlja determinaciju kako bi se riba što prije živa vratila u vodu i kako bi se dodatno manipuliranje jedinkom svelo na najmanju moguću mjeru, čega smo prilikom obrade i pridržavali koliko god je bilo moguće. Prilikom determinacije riba također je utvrđivana prisutnost vanjskih anomalija. Vanjskim anomalijama smatraju se vidljiva vanjska kožna ili potkožna oštećenja ili nametnici. Ovdje se ubrajaju deformacije, oštećene peraje, lezije, tumori i bolesti. Ako je broj jedinki s vanjskim anomalijama izrazito veći od uobičajenog, tada se radi o stresu u zajednici, te takva zajednica ne predstavlja prirodno stanje populacije. Smrtnost uzorkovanih jedinki metodom elektroribolova bila je manja od 1 %.

#### 4.4.2.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka

Sve su ribe uspješno određene do vrste na terenu i nije bilo potrebe za laboratorijskom obradom podataka. Više od 99 % riba bez posljedica je preživjelo uzorkovanje te su vraćene u prirodu. Izuzetak su invazivne i strane vrste koje su izuzete iz prirode.

#### 4.4.2.2. Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba

##### Pokazatelji za ocjenu ekološkog potencijala

##### Opis ribljih metrika korištenih za opisivanje ribljih zajednica hrvatskih umjetnih i znatno promijenjenih tekućica

Sve uzorkovane vrste riba grupirane su prema supstratu na kojem mrijeste (litofili, fitofili, fitolitofili, pelagofili, vrste koje se mrijeste u moru), prema tipu prehrane (herbivori, planktivori, invertivori, piscivori, omnivori) te prema načinu života (bentopelagičke i bentičke) (Tablica 4.75.). U Tablici 4.75. su navedene i strane vrste koje su do sada zabilježene u pojedinim dijelovima Dinaridske ekoregije. Operativnu listu nikako ne treba smatrati savršeno pouzadnom i konačnom, s obzirom da se može očekivati i širenje novih stranih vrsta u pojedine vodotoke, ali i nestanak stranih vrsta iz pojedinih vodotoka uslijed mjera uklanjanja. Stoga je u Tablici 4.76. prikazan trenutni popis, koji je podložan i pozitivnim i negativnim promjenama. Promjene u Operativnoj listi vjerojatne su ne samo vezano uz invazivne vrste, već i kao posljedica novih taksonomskih istraživanja.

**Tablica 4.75.** Operativna lista svojiti riba hrvatskih vodotoka Dinaridske ekoregije s navedenim ekološkim značajkama važnima za utvrđivanje metrika ribljih zajednica.

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Alburnus arborella</i> (Bonaparte, 1841)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za vodotoke Like
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za jadranski slijev
<i>Alburnus neretvae</i> Buj, Šanda & Perea, 2010	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Ameiurus melas</i> Rafinesque, 1820)	Bentos	Fitolitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	More	Invertivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	Vodeni stupac	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Aulopyge huegelii</i> Heckel, 1843	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839	Bentos	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fito	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
					jadranski slijev
<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	Vodeni stupac	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	Vodeni stupac	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Chondrostoma knerii</i> Heckel, 1843	Bentos	Litofil	Herbivor	Reofilna	
<i>Chondrostoma phoxinus</i> Heckel, 1843	Bentos	Litofil	Herbivor	Reofilna	
<i>Cobitis bilineata</i> Canestrini, 1865	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis dalmatina</i> Karaman, 1928	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis elongata</i> Heckel & Kner, 1858	Bentos	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis elongatoides</i> Băcescu & Mayer, 1969	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis illyrica</i> Freyhof & Stelbrink, 2007	Bentos	Fitofil	Invertivor	Limnofilna	
<i>Cobitis jadovaensis</i> Mustafic & Mrakovcic, 2008	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cobitis narentana</i> Karaman, 1928	Bentos	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	Vodeni stupac	Pelagofil	Herbivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Bentos	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Delminichthys adpersus</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys ghetaldii</i> (Steindachner, 1882)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys jadovensis</i> (Zupančić & Bogutskaya, 2002)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Delminichthys krbavensis</i> (Zupančić & Bogutskaya, 2002)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859	Vodeni stupac		Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Gobio obtusirostris</i> Valenciennes, 1842	Bentos	Psamofil	Invertivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Knipowitschia mrakovcici</i> Miller, 2009	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Knipowitschia panizzae</i> (Verga, 1841)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Knipowitschia radovici</i> Kovačić, 2005	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Liza ramada</i> (Risso, 1827)	Bentos	Pelagofil	Omnivor	Euritopna	
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede, 1802)	Vodeni stupac	Fitolitofil/psamofil	Piscivor	Limnofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Orsinigobius croaticus</i> Mrakovčić, Kerovec, Mišetić & Schneider, 1996	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	Strana vrsta za vodotoke Like
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Fitolitofil	Invertivor/Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Phoxinus phoxinus</i> (Schinz, 1840)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Hrvatsku
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	Vodeni stupac	Ostrakofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Romanogobio benacensis</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Psamofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Rutilus basak</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Sabanejewia balcanica</i> (Karaman, 1922)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Reofilna	
<i>Sabanejewia larvata</i> (De Filippi, 1859)	Bentos	Fitofil	Invertivor	Limnofilna	
<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso y del Rio, 1801)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	Strana vrsta u vodotocima Like
<i>Salmo farioides</i> Karaman, 1938	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Salmo labrax</i> Pallas, 1814	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta u jadranskom slijevu (osim Rječine)
<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta u Hrvatskoj
<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Scardinius dergle</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Scardinius plotizza</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	
<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	Bentos	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev
<i>Squalius illyricus</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Squalius microlepis</i> Heckel, 1843	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Euritopna	
<i>Squalius svallize</i> Heckel & Kner, 1858	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	
<i>Squalius zrmanjæ</i> Karaman, 1928	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Reofilna	Strana vrsta u vodotocima Like
<i>Telestes croaticus</i> (Steindachner, 1866)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	

Latinski naziv vrste	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u pojedinim vodotocima Dinaridske ekoregije
<i>Telestes fontinalis</i> (Karaman, 1972)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes karsticus</i> Marčić & Mrakovčić, 2011	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes miloradi</i> Bogutskaya, Zupančić, Bogut & Naseka, 2012	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes polylepis</i> Steindachner, 1866	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes tursky</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Telestes ukliva</i> (Heckel, 1843)	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Euritopna	
<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Bentos	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	Strana vrsta u Lici i jadranskom slijevu
<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Reofilna	Strana vrsta za Liku i jadranski slijev

Nakon uzorkovanja, determinacije i mjerenja vrsta, pripremili smo ukupno 88 metrika koje opisuju riblje zajednice (Tablica 4.76.). Metrike su grupirane tako da opisuju četiri karakteristična tipa (prema Furse i sur., 2006), osim toga uključene su i dodatne metrike, slično kao što je rađeno u prijašnjim procjenama indeksa temeljenih na ribljim zajednicama (npr. Petriki i sur., 2017).

Važno je napomenuti, svrstavanje pojedinih ribljih metrika unutar tipova (kako je definirano u Furse i sur., 2006) ponekad je proizvoljno, zato što se neke metrike mogu svrstati pod više tipova. Primjerice, udio jedinki i biomase vrsta koje spadaju u određeni hranidbeni i stanišni tip mogu se smatrati funkcionalnim metrikama zato što one odgovaraju ekološkim funkcijama svojte, ali uz to one su osjetljive/tolerantne metrike jer se mijenjaju kao odgovor na pojedini pritisak. Svi su tipovi dobro zastupljeni u metrikama koje opisuju riblju zajednicu hrvatskih umjetnih i znatno promijenjenih tekućica.

**Tablica 4.76.** Pregled metrika koje opisuju riblju zajednicu (kratice su u zagradama pored naziva) te koje su uključene u statističke analize.

Metrike sastava zajednice	Metrike bogatstva/ raznolikosti	Metrike osjetljivosti/ tolerancije	Funkcionalne metrike	Ostale metrike
Udio nativnih vrsta (pSn) Udio stranih vrsta (pSa)	Ukupan broj vrsta (S) Broj nativnih vrsta (Sn)	Udio jedinki nativnih vrsta (uSn) Udio jedinki stranih vrsta (uSa)	Broj litofilnih vrsta (LITH) Broj fitofilnih vrsta (PHYT) Broj fitolitofilnih vrsta (PHLI)	Ukupna biomasa (B)

Metrike sastava zajednice	Metrike bogatstva/raznolikosti	Metrike osjetljivosti/tolerancije	Funkcionalne metrike	Ostale metrike
<p>Udio fitofilnih vrsta (pPHYT)</p> <p>Udio fito-litofilnih vrsta (pPHLI)</p> <p>Udio pelagofilnih vrsta (pPEL)</p> <p>Udio psamofilnih vrsta (pPSAM)</p> <p>Udio vrsta koje mrijeste u moru (pSEA)</p> <p>Udio invertivornih vrsta (pINV)</p> <p>Udio omnivornih vrsta (pOMNI)</p> <p>Udio piscivornih vrsta (pPISC)</p> <p>pPISC/pINV</p> <p>Udio bentopelagičkih vrsta (pWCOL)</p> <p>Udio bentičkih vrsta (pBENT)</p>	<p>Broj stranih vrsta (Sa)</p> <p>Udio vrsta iz reda Salmoniformes (pSALM)</p> <p>Udio vrsta iz reda Cypriniformes (pCYPR)</p> <p>pSALM/pCYPR</p> <p>pPERC (udio vrsta iz reda Perciformes)/pCYP R</p> <p>Shannonov indeks (H)</p> <p>Recipročni Simpsonov indeks (1/S)</p> <p>Margalefov indeks (MI)</p> <p>Alpha indeks (A)</p> <p>Berger-Parkerov indeks (d)</p> <p>Shannonov Indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat)</p> <p>Recipročni Simpsonov indeks temeljen na nativnim vrstama (1/S)</p> <p>Margalefov indeks temeljen na nativnim vrstama (Mlnat)</p> <p>Alpha indeks temeljen na nativnim vrstama (Anat)</p> <p>Berger-Parkerov indeks temeljen na nativnim vrstama (dnat)</p> <p>Hnat-H (Hdif)</p> <p>1/Snat-1/S (1/Sdif)</p> <p>Mlnat-MI (Mldif)</p> <p>Anat-A (Adif)</p> <p>dnat-d (ddif)</p> <p>Hnat/H (Hrat)</p> <p>1/Snat/1/S (1/Srat)</p> <p>Mlnat/MI (Mlrat)</p> <p>Anat/A (Arat)</p> <p>dnat/d (drat)</p>	<p>Udio jedinki litofilnih vrsta (uLITH)</p> <p>Udio jedinki fitofilnih vrsta (uPHYT)</p> <p>Udio jedinki fito-litofilnih vrsta (uPHLI)</p> <p>Udio jedinki pelagofilnih vrsta (uPEL)</p> <p>Udio jedinki psamofilnih vrsta (uPSAM)</p> <p>Udio jedinki vrsta koje mrijeste u moru (uSEA)</p> <p>Udio jedinki invertivora (uINV)</p> <p>Udio jedinki omnivora (uOMNI)</p> <p>Udio jedinki piscivora (uPISC)</p> <p>uPISC/uINV</p> <p>Udio jedinki bentopelagičkih vrsta (uWCOL)</p> <p>Udio jedinki bentičkih vrsta (uBENT)</p> <p>Udio jedinki vrsta iz reda Salmoniformes (uSALM)</p> <p>Udio jedinki vrsta iz reda Cypriniformes (uCYPR)</p> <p>uSALM/uCYPR</p> <p>uPERC (udio jedinki vrsta iz reda Cypriniformes)/uCYP R</p> <p>Udio biomase jedinki nativnih vrsta (bnat)</p> <p>Udio biomase jedinki stranih vrsta (balo)</p>	<p>Broj pelagofilnih vrsta (PEL)</p> <p>Broj psamofilnih vrsta (PSAM)</p> <p>Broj vrsta koje mrijeste u moru (SEA)</p> <p>Broj invertivornih vrsta (INV)</p> <p>Broj omnivornih vrsta (OMNI)</p> <p>Broj piscivornih vrsta (PISC)</p> <p>Broj bentopelagičkih vrsta (WCOL)</p> <p>Broj bentičkih vrsta (BENT)</p> <p>Udio biomase fitofilnih vrsta (bPHYT)</p> <p>Udio biomase fito-litofilnih vrsta (bPHLI)</p> <p>Udio biomase pelagofilnih vrsta (bPEL)</p> <p>Udio biomase psamofilnih vrsta (bPSAM)</p> <p>Udio biomase vrsta koje mrijeste u moru (bSEA)</p> <p>Udio biomase invertivornih vrsta (bINV)</p> <p>Udio biomase omnivornih vrsta (bOMNI)</p> <p>Udio biomase piscivornih vrsta (bPISC)</p> <p>bPISC/bINV</p> <p>Udio biomase bentopelagičkih vrsta (bWCOL)</p> <p>Udio biomase bentičkih vrsta (bBENT)</p> <p>Udio biomase vrsta reda Salmoniformes (bSALM)</p> <p>Udio biomase vrsta reda Cypriniformes (bCYPR)</p> <p>bSALM/bCYPR</p>	<p>Biomasa jedinki nativnih vrsta (Bnat)</p> <p>Biomasa jedinki stranih vrsta (Balo)</p> <p>Ukupna duljina vrste s najvećom gustoćom s obzirom na broj jedinki (TLmaxn)</p> <p>Ukupna duljina vrste koja zauzima najveći udio u biomasi (TLmaxb)</p>



## Opis okolišnih parametara i indikatora

Ukupno je 21 okolišni parametar uključen u statističke analize. Ti parametri opisuju stanišne uvjete i antropogene pritiske, uključujući fizikalno-kemijske, morfološke i hidrološke uvjete (temperatura zraka, temperatura vode, prozirnost, koncentracija klorofila *a*, pH vrijednost, koncentracija suspendiranih tvari, alkalinitet, salinitet, koncentracija otopljenog kisika, biološka potrošnja kisika (BPK<sub>5</sub>), koncentracija amonija, nitrita, nitrata, ukupnog dušika, ortofosfata, ukupnog fosfora, otopljenih silikata, ukupan organski ugljik (TOC), hidrološki režim, uzdužnu povezanost i morfološka ocjena). U analizu su uključene prosječne vrijednosti svih fizikalno-kemijskih parametara mjerene u toplijem dijelu godine (od travnja do rujna).

## Opis statističkih analiza uključenih u selekciju metrika

Pripremljena su dva seta parametara, jedan koji opisuje riblje zajednice te drugi koji objedinjuje okolišne parametre i pritiske. Oni su odabrani tako da nema interkoreliranih parametara, a uključeni su samo parametri koji imaju normalnu distribuciju što će omogućiti jasnu poveznicu pritisaka i odgovora.

Nakon standardizacije izračunat je Pearsonov korelacijski koeficijent za sve metrike unutar pojedinog seta podataka, u slučajevima gdje je on bio iznad 0,7 jedna ili više metrika je isključena tj. ona s boljom ekološkom interpretacijom je zadržana. U slučajevima gdje ekološka interpretacija nije bila jasna, obje varijable uključene su u sljedeći korak, a ona koja je dala niži odgovor na pritisak (ili uopće nije pokazala odgovor) isključena je u tom koraku.

Odgovori ribljih metrika na sve okolišne parametre i pritiske su analizirani linearnom regresijom. Metrike koje su pokazale značajnu korelaciju s barem jednim pritiskom ( $R^2 > 0,35$ ,  $p < 0,05$ ) su provjerene u skladu s pretpostavkama linearne regresije (normalna distribucija, linearnost i izostanak multikolinearnosti). Metrike za koje su oba uvjeta bila zadovoljena (značajna korelacija s barem jednim pritiskom i linearnost), uključene su u razradu indeksa. Nadalje, korelacijski koeficijenti su izračunati između metrika za oba seta podataka, a kada su pokazali značajnu korelaciju, one metrike za koje su dobiveni bolji odgovori na pritiske su na koncu uključene u izračun indeksa. Sve statističke analize provedene su u programima Excel Office 2019 i TIBCO Statistica 13.

### 4.4.2.2.1. Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa

Odgovori ribljih metrika na okolišne pritiske utvrđeni su zasebno za pojedine tipove/skupine tipova umjetnih i znatno promijenjenih tekućica. U Tablici 4.77. navedene su metrike riblje zajednice koje su pokazale jasan odgovor na određeni pritisak za umjetne i znatno promijenjene tekućice, a uz to imaju normalnu distribuciju i zadovoljavaju pretpostavke linearnosti te su, kao što će biti detaljnije opisano kasnije, korištene za izračun Hrvatskog indeksa za umjetne i znatno promijenjene tekućice prema ribama (HRluT). Iste su metrike, utvrđene, kao što je već



navedeno, analizom linearne regresije uz uvjete  $R^2 > 0,04$ ,  $p < 0,05$ , opisane i ilustrirane u sljedećem poglavlju. S obzirom da su statistički značajni i jasni odgovori metrika ribljih zajednica na pritiske dobiveni kada su zajedno analizirani tipovi HR-K\_7B, HR-K\_8A i HR-K\_8B (male i srdenje velike znatno promijenjene tekućice u Dinaridskoj ekoregiji), te tipovi HR-K\_10, HR-K\_12, HR-K\_13A i HR-K\_13B (znatno promijenjene povremene tekućice i tekućice sa znatnim promjenama protoka), po tim su skupinama tipova i prikazani odgovori na pritiske, ali i računati omjeri ekološke kakvoće i konačni indeksi. Ovakvo grupiranje tipova vodotoka, osim što je u statističkoj analizi dalo najbolje rezultate, sasvim je i logično, s obzirom da skupine tipova obuhvaćaju one tipove koji imaju slične one značajke, koje su osobito važne za razvoj ribljih zajednica. S druge strane, analiza pojedinačnih tipova, kao i drukčije grupiranih tipova rezultirala je odgovorima slabije korelacije i manje razine značajnosti ili pak nije uopće bilo statistički značajnih odgovora.

**Tablica 4.77.** Metrike riblje zajednice koje su pokazale odgovore na pojedine pritiske za umjetne i znatno promijenjene tekućice. Podebljane i crvene vrijednosti su statistički značajne.

TIP VODOTOKA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI	ODNOS PRITISAK - ODGOVOR	R <sup>2</sup>	p
<b>HR-K_7B, HR-K_8A i HR-K_8B</b>	Udio jedinki autohtonih vrsta (uSn) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	<b>0,469</b>	<b>0,009</b>
	Udio piscivornih vrsta (pPISC) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	<b>0,520</b>	<b>0,005</b>
<b>HR-K_10, HR-K_12, HR-K_13A i HR-K_13B</b>	Udio jedinki iz reda Cypriniformes (uCIPR) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	<b>0,380</b>	<b>0,034</b>
	Udio jedinki iz reda Salmoniformes (uSALM) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	<b>0,423</b>	<b>0,024</b>
	Udio jedinki iz reda Perciformes (uPERC) pokazuje odgovor na koncentraciju otopljenih nitrata	<b>0,408</b>	<b>0,029</b>

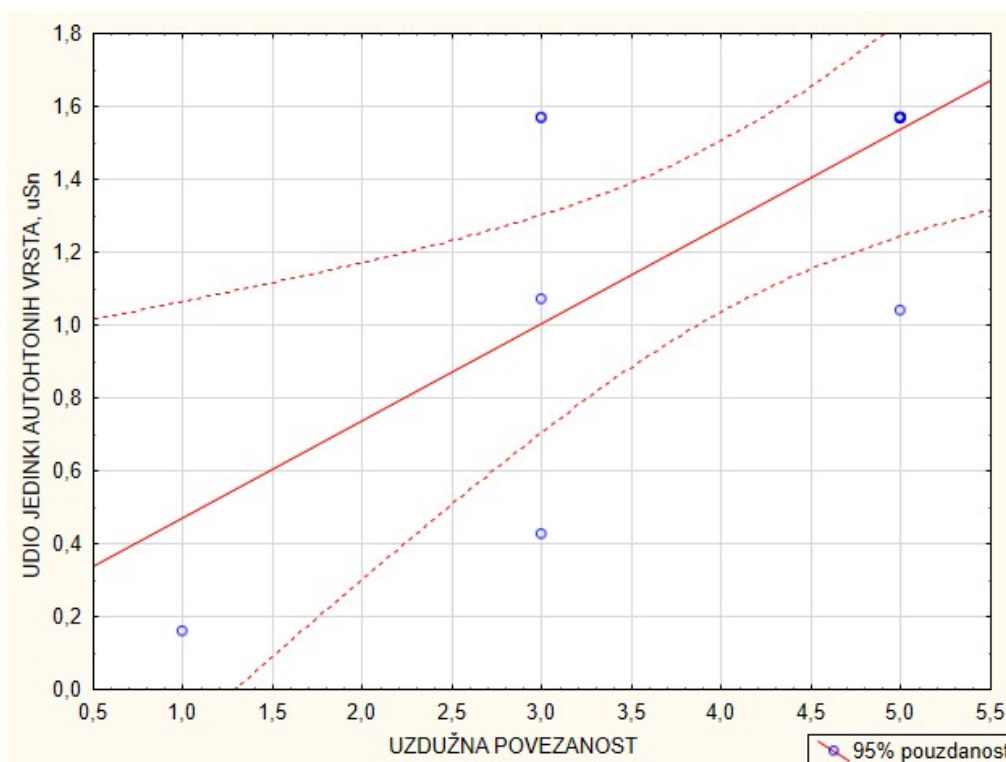
#### 4.4.2.2.2. Opisi odgovora metrika riblje zajednice na pritiske prema tipovima znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela

Opisi odgovora metrika riblje zajednice na pritiske u malim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanošću toka te slivnim područjem površine 2-100 km<sup>2</sup>; srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup>; te srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanošću, a slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup> u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_7B, HR-K\_8A i HR-K\_8B):

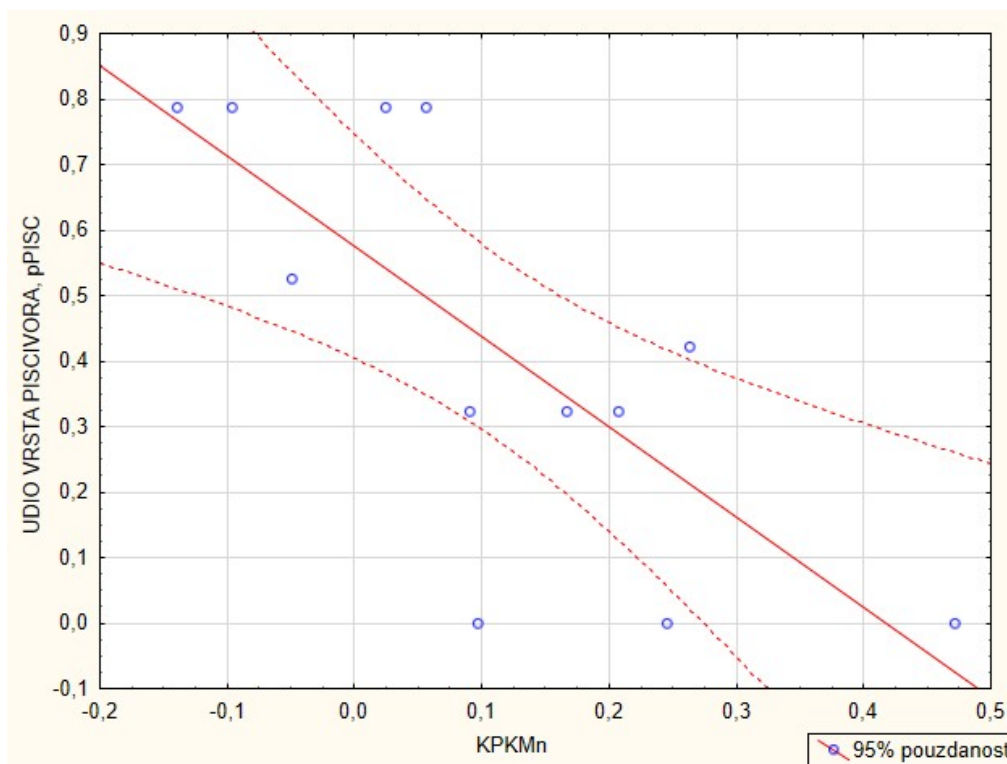
- Udio jedinki autohtonih vrsta (uSn) metodom linearne regresije pokazuje statistički značajan odgovor na indeks uzdužne povezanosti ( $R^2=0,469$ ,  $p=0,009$ ; Slika 4.19.).

Poremećaji riječnog kontinuiteta, očekivano, utječu na udio jedinki autohtonih vrsta, osobito na one autohtone vrste koje, kao dio životnog ciklusa, poduzimaju migracije iz jednog dijela vodotoka u drugi, najčešće u svrhu razmnožavanja na optimalnim mrijesnim staništima. Fragmentacija staništa uslijed poremećaja uzdužne povezanosti vodotoka dovodi do smanjenja njihovog reproduktivnog uspjeha te, posljedično, do smanjenja gustoća i stabilnosti njihovih populacija. Kao indirektna posljedica, u slučajevima kada je gustoća populacija nativnih vrsta smanjena, a populacijska struktura narušena, invazivne vrste lako stvaraju stabilne populacije čija se gustoća sve više povećava te dodatno negativno djeluju na native vrste.

- Udio piscivornih vrsta (pPISC) pokazuje statistički značajan odgovor na kemijsku potrošnju kisika ( $R^2=0,52$ ,  $p=0,05$ ; Slika 4.20.). Povećanje kemijske potrošnje kisika indikator je onečišćenja i pogoršanja kvalitete vode, a native piscivorne vrste očito predstavljaju osjetljivu komponentu ihtiofaune tekućica te značajno reagiraju na ovaj pritisak. Ovaj odgovor jasno ukazuje kako morfološke i hidrološke promjene na umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama nisu jedina prijetnja opstanku autohtone riblje zajednice.



**Slika 4.19.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela jedinki autohtonih vrsta riba (uSn) i poremećaja uzdužne povezanosti, na temelju standardiziranih mjera.

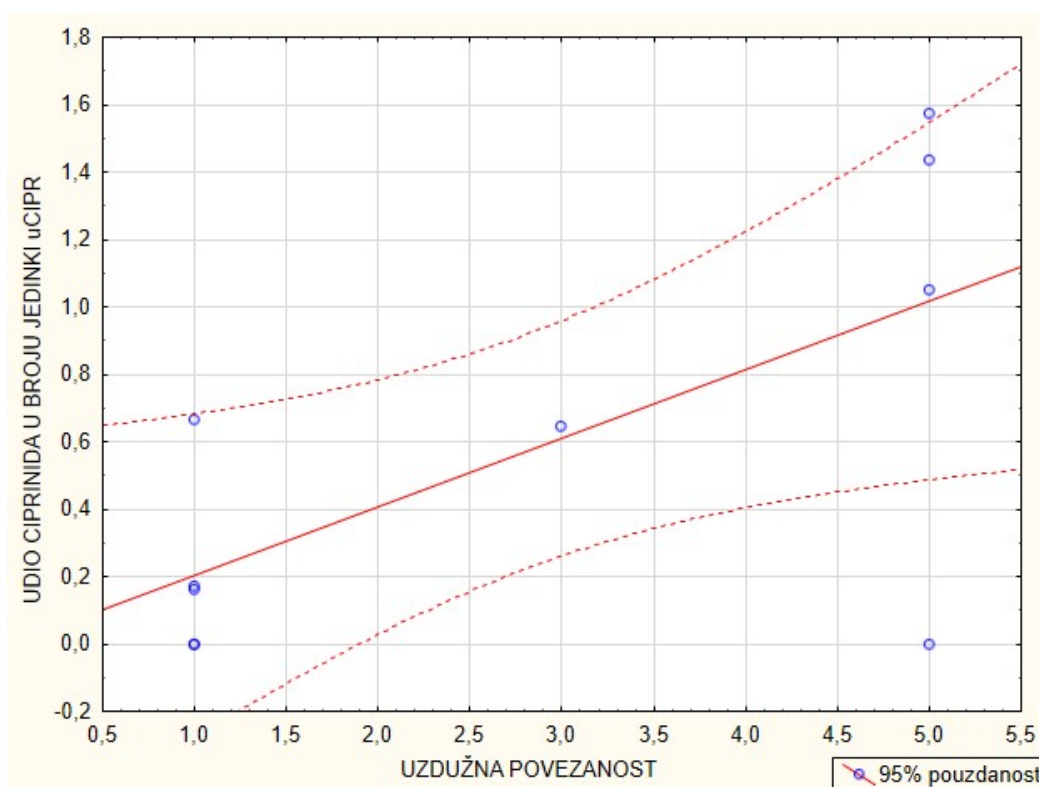


**Slika 4.20.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela piscivornih vrsta riba (pPISC) i kemijske potrošnje kisika u vodi, na temelju standardiziranih mjera.

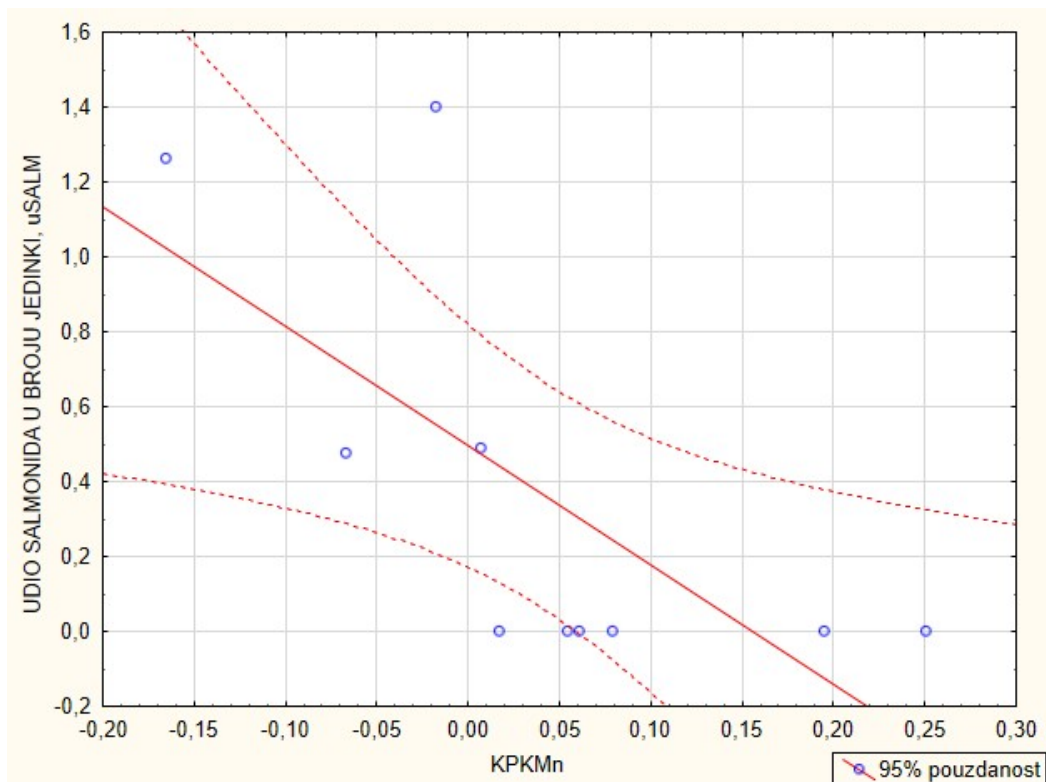
Opisi odgovora metrika riblje zajednice na pritiske u znatno promijenjenim povremenim tekućicama s promijenjenom morfologijom; znatno promijenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka; umjetnim tekućicama s velikim dnevnim promjenama protoka (dovodni i odvodni kanali na hidroenergetskim postrojenjima); te umjetnim tekućicama s velikim sezonskim promjenama protoka u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K 10, HR-K 12, HR-K 13A i HR-K 13B):

- Udio jedinki iz reda Cypriniformes (uCIPR) pokazuje statistički značajan odgovor na uzdužnu povezanost ( $R^2=0,38$ ,  $p=0,034$ ; Slika 4.21.). Poremećaji riječnog kontinuiteta, odnosno onemogućenje migracija riba, a time i ostvarivanje svih životnih funkcija u zadovoljavajućoj mjeri, dovode do pada gustoće, pa čak i lokalnih izumiranja nativnih vrsta. Ovaj pritisak na riblju zajednicu ima posredan učinak – naime dolazi do pada gustoća populacija salmonidnih vrsta, među kojima su brojni obligatorni migranti, zbog čega, kao i zbog širenja stranih vrsta, raste udio jedinki koje pripadaju vrstama iz reda Cypriniformes.
- Udio jedini vrsta iz reda Salmoniformes (uSALM) pokazuje statistički značajan odgovor na kemijsku potrošnju kisika ( $R^2=0,423$ ,  $p=0,024$ ; Slika 4.22.). Salmonidne vrste riba, odnosno pastrve, osobito su osjetljive na promjene koncentracije kisika u vodi te, u slučaju neodgovarajuće koncentracije kisika, brzo nestaju sa svojih staništa. Usporavanje vodotoka, ujezerenja i pretvaranje tekućih voda u stajaćice, često je praćeno upravo smanjenjem koncentracije kisika, što slijedi i smanjenje gustoća autohtonih salmonidnih populacija.

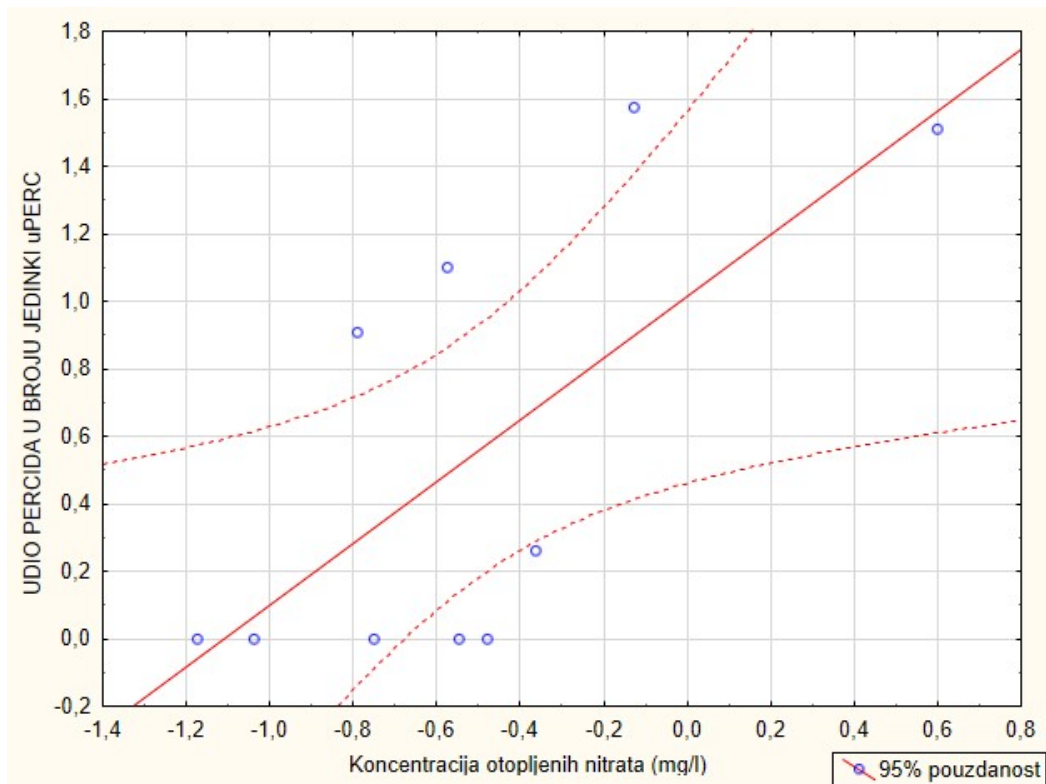
- Udio jedinki vrsta koje pripadaju redu Perciformes (uPERC) pokazuje statistički značajan odgovor na koncentraciju otopljenih nitrata ( $R^2=0,408$ ,  $p=0,029$ ; Slika 4.23.). Koncentracija otopljenih nitrata je, uz koncentraciju fosfata, najjači pokretač i indikator eutrofikacije, iako ju nitrati uzrokuju indirektnim mehanizmom. U vode najčešće dospjevaju ispiranjem poljoprivrednih površina na kojima se koriste umjetna gnojiva, ali i iz drugih tipova onečišćenja. Na povišenu koncentraciju nitrata i na eutrofikaciju osobito su osjetljive nativne vrste riba, dok ih strane vrste, a među njima je upravo značajan dio predstavnika reda Perciformes, često znatno bolje podnose i iskorištavaju takve uvjete za stvaranje stabilnih populacija i dodatne negativne utjecaje na autohtonu ihtiofaunu. Kao što je već primijećeno, i ovaj odgovor jasno pokazuje da riblje zajednice u umjetnim i znatno promijenjenim vodotocima nisu ugrožene samo uslijed morfoloških i hidroloških promjena, već im veliki problem predstavljaju i drugi pritisci, osobito onečišćenje, eutrofikacija, smanjenje kvalitete vode te prisutnost stranih vrsta.



**Slika 4.21.** Grafčki prikaz linearne regresije između udjela jedinki iz reda Cyriniformes (uCIPR) i uzdužne povezanosti, na temelju standardiziranih mjera.



**Slika 4.22.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela jedinki iz reda Salmoniformes (uSALM) i kemijske potrošnje kisika, na temelju standardiziranih mjera.



**Slika 4.23.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela vrsta iz reda Perciformes (pCIPR) i koncentracije otopljenih nitrata u vodi, na temelju standardiziranih mjera.

#### 4.4.2.2.3. Definiranje maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima na temelju riba

Prilikom određivanja ekološkog potencijala pojedinog umjetnog, odnosno znatno promijenjenog vodnog tijela mogu se koristiti dva pristupa. Prvi pristup uključuje prepoznavanje mjera ublažavanja pritisaka, s tim da te mjere ne bi trebale same po sebi uzrokovati negativne posljedice po okoliš niti imati značajan utjecaj na namjenu umjetnih/znatno promijenjenih vodnih tijela (CIS Direktiva dokument br. 4). Na taj je način moguće definirati maksimalan ekološki potencijal (MEP) koji bi za odabrane metrike ribljih zajednica označavao vrijednosti tih metrika u najboljem mogućem stanju, odnosno kada su poduzete i efikasno provedene sve predložene mjere za ublažavanje pritisaka (naglašavamo da neke od predloženih mjera djeluju na same pritiske, dok neke djeluje na rješavanje njihovih posljedica, što oboje pridonosi ostvarivanju maksimalnog ekološkog potencijala pojedinih vodnih tijela). Dobar ekološki potencijal (DEP) zatim se definira kao blagi otklon vrijednosti metrika za koje je utvrđeno da odgovaraju MEP-u te je, kao posljednji korak, bitno istaknuti mjere ublažavanja pritisaka koje su potrebne za postizanje DEP-a.

Drugi način utvrđivanja graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala obuhvaća utvrđivanje referentnog stanja metrika za koje je zaključeno (opisanom statističkom procedurom) kako ih je potrebno uključiti u razvoj klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala. Referentno stanje može odgovarati vrijednostima navedenih metrika u nepromijenjenim ili gotovo nepromijenjenim zajednicama (za što je nužna poveznica između prirodnih i umjetnih, odnosno znatno promijenjenih vodnih tijela), ili je navedene metrike moguće odrediti tzv. *benchmark* procedurom u slučajevima kada ne postoje vodna tijela u kojima su riblje zajednice u prirodnom ili gotovo prirodnom stanju, ili je pak, kao što je to napravljeno prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog stanja za prirodne stajačice i tekućice u Hrvatskoj na temelju riba, moguće koristiti stručnu procjenu i literaturne podatke za određivanje najboljih mogućih vrijednosti pojedinih metrika (vrijednosti koje jesu ili bi bile prisutne u posve prirodnim zajednicama) i najgorih mogućih vrijednosti tih metrika (prema Furse i sur., 2006).

Prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice na temelju riba kao biološkog elementa, korišten je pristup odabira referentnih uvjeta, kao vrijednosti metrika ribljih zajednica bitnih za izračun indeksa kakve jesu (ako su takvi slučajevi prisutni) ili kakve bi mogle biti u slučaju postizanja najboljih mogućih uvjeta unutar pojedinih vodnih tijela. Ovaj pristup, iako se zapravo temelji na procjeni referentnih uvjeta koji odgovaraju maksimalnom ekološkom potencijalu, za ribe je usklađen i s pristupom određivanja MEP-a identifikacijom mjera ublažavanja, s obzirom da smatramo da će kvalitetna primjena predloženih mjera ublažavanja, prilagođenih za svaki pojedini lokalitet, omogućiti stabilizaciju ribljih zajednica i njihovo poboljšanje prema najboljim mogućim (referentnim) uvjetima, a time onda i povišenje ekološkog potencijala prema maksimalnom ekološkom potencijalu pojedinih umjetnih i znatno promijenjenih tekućica u Hrvatskoj. Naime, naše je stručno mišljenje kako je moguće djelovati ili na same pritiske ili na njihove učinke po riblju zajednicu te na taj način osigurati poboljšanje ekološkog potencijala umjetnih i znatno



promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba kao biološkog elementa. Dobar ekološki potencijal definiramo kao blagi otklon vrijednosti metrika koje opisuju riblju zajednicu od tih vrijednosti kod maksimalnog ekološkog potencijala. Stoga će maksimalni ekološki potencijal odgovarati vrijednostima omjera ekološke kakvoće od 1, a dobar i bolji ekološki potencijal vrijednostima omjera ekološke kakvoće većima od 0,6. Radi utvrđivanja omjera ekološke kakvoće i definiranja graničnih vrijednosti kategorija, potrebno je također odrediti i najlošije moguće vrijednosti pojedinih ribljih metrika (u skladu sa smjernicama iz Furse i sur., 2006), što je bila ili najgora zabilježena vrijednost u slučaju izrazito promijenjenih zajednica ili stručna procjena najgore moguće vrijednosti (npr. ako se radi o metrikama koje opisuju udio stranih vrsta, onda je najgore moguće stanje da su na nekom lokalitetu zabilježene isključivo strane vrste) (Tablica 4.78.). Važno je naglasiti kako je ovakav pristup usklađen i s klasifikacijskim sustavom određivanja ekološkog potencijala na temelju riba za umjetne i znatno promijenjene stajačice te, u oba slučaja, možemo očekivati kako će primjena predloženih mjera ublažavanja dovesti do poboljšanja ekološkog potencijala prema maksimalnom ekološkom potencijalu.

**Tablica 4.78.** Vrijednosti odabranih metrika ribljih zajednica kod maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) te u najgorim mogućim uvjetima za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije.

TIP VODOTOKA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI	ODNOS PRITISAK - ODGOVOR	MEP	NAJGORI UVJETI
<b>HR-K_7B, HR-K_8A i HR-K_8B</b>	Udio jedinki autohtonih vrsta (uSn) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	1	0
	Udio piscivornih vrsta (pPISC) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	0,33	0
<b>HR-K_10, HR-K_12, HR-K_13A i HR-K_13B</b>	Udio jedinki iz reda Cypriniformes (uCIPR) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	0,8	0
	Udio jedinki iz reda Salmoniformes (uSALM) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	0,5	0
	Udio jedinki iz reda Perciformes (uPERC) pokazuje odgovor na koncentraciju otopljenih nitrata	0	1

#### Izračun omjera ekološke kakvoće (OEK) na osnovu riba

Omjeri ekološke kakvoće (OEK) izračunati su zasebno za sve odabrane metrike ribljih zajednica (metrike koje pokazuju značajan odgovor na neki pritisak, nisu međusobno korelirane i zadovoljavaju uvjete normalnosti i linearnosti te su statistički značajno korelirane s pritiskom)

unutar pojedinog tipa/skupine tipova tekućica. U tu je svrhu korištena formula iz Furse i sur. (2006):

$OEK_{metrika} = (Vrijednost\ metrike - Donja\ granica) / (Gornja\ granica - Donja\ granica)$ , za metrike čija vrijednost pada s porastom vrijednosti pritiska (uSn, pPISC, uCIPR, uSALM),

odnosno

$OEK_{metrika} = 1 - (Vrijednost\ metrike - Donja\ granica) / (Gornja\ granica - Donja\ granica)$ , za metrike čija vrijednost raste s porastom vrijednosti pritiska (uPERC).

### Generiranje Hrvatskog indeksa ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice prema ribama (HRIuT)

Kao što je već opisano, u prethodnim koracima izdvojili smo riblje metrike koje su se pokazale pogodnima za uključenje u multimetrijski indeks jer su pokazale značajan odgovor na pojedini pritisak, značajno su korelirane s pritiscima, ali nisu u međusobnoj interkoleraciji. Konačni indeks potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice temeljen na ribama (HRIuT) izračunat je zasebno za svaku skupinu tipova, na način da su zbrojeni svi omjeri ekološke kakvoće određeni za pojedinu skupinu tipova i podijeljeni s brojem omjera ekološke kakvoće:

$$HRIuT = \frac{OEK1 + OEK2 + \dots + OEKn}{n}$$

HRIuT je multimetrijski indeks, koji integrira više metrika i pojednostavljuje odlučivanje jer jedna vrijednost može biti upotrijebljena za procjenu i monitoring kakvoće tekućica (Furse i sur. 2006). Budući da indeks kombinira efekte različitih ribljih metrika, objedinjuje odgovore na više pritisaka. U Tablici 4.79. prikazan je način izračuna HRIuT-a za pojedine tipove umjetnih i znatno promjenjenih stajaćica.

**Tablica 4.79.** Izračun indeksa ekološkog potencijala za pojedine tipove umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije.

TIP VODOTOKA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI	HRIuT
HR-K_7B, HR-K_8A i HR-K_8B	$HRIuT = \frac{OEK(uSn) + OEK(pPISC)}{2}$
HR-K_10, HR-K_12, HR-K_13A i HR-K_13B	$HRIuT = \frac{OEK(uCIPR) + OEK(uSALM) + OEK(uPERC)}{3}$



## Utvrđivanje graničnih vrijednosti kategorija ekološkog potencijala

Vrijednost HRIuT-a, kao multimetrijskog indeksa, zapravo je prosječna vrijednost svih omjera ekološke kakvoće utvrđenih za određene tipove vodotoka. Stoga HRIuT pokazuje odnos primijećenih metrika riblje zajednice i referentnih vrijednosti istih metrika (vrijednosti kakve bi metrike imale da se radi o najboljem mogućem stanju u nekom vodotoku – maksimalnom ekološkom potencijalu, odnosno u stabilnoj, prirodnoj ihtiocenozi), a ekološki potencijal vodotoka moguće je uvrstiti u jedan od četiri razreda (klasa), u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama. Vrijednosti indeksa koje su blizu 1 odnose se na malo promijenjene zajednice, odnosno ekološki potencijal koji je blizu MEP-a. S druge strane, ako su vrijednosti indeksa bliže 0, znači da su riblje zajednice izrazito promijenjene uslijed izmjene vodnih tijela, ali i drugih antropogenih pritisaka. S obzirom da su Omjeri ekološke kakvoće, a onda i cjelokupan indeks rađeni u odnosu na referentno stanje, slijedili smo preporuku (Furse i sur., 2006) i ekvidistalno uređenje graničnih vrijednosti kategorija kako bismo dobili jednake raspone širina vrijednosti (po 0,2 širina svake klase), osim za prvu klasu (dobar i bolji potencijal), čija je širina dvostruko veća (Tablica 4.80.).

**Tablica 4.80.** Klasifikacija Hrvatskog indeksa ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice prema ribama – Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala za ribe kao biološki element kakvoće.

EKOLOŠKI POTENCIJAL	GRANICE KATEGORIJA HRIuT-a
DOBAR I BOLJI	0,60-1,00
UMJEREN	0,40-0,59
LOŠ	0,20-0,39
VRLO LOŠ	0,00-0,19

### 4.4.2.2.4. Opisi ribljih zajednica koje odgovaraju dobrom i boljem te umjerenom ekološkom potencijalu u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama Dinaridske ekoregije

Dobrom i boljem ekološkom potencijalu odgovaraju riblje zajednice koje su posve ili uglavnom sastavljene od nativnih vrsta, a strane vrste nisu prisutne ili su prisutne s malim brojem vrsta i jedinki. U zajednicama je prisutna veća raznolikost vrsta, a odnosi u zajednici omogućuju stabilnost svih nativnih vrsta. Kod malih i srednje velikih znatno izmijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije koje karakterizira dobar i bolji ekološki potencijal udio jedinki nativnih vrsta veći je od 0,6, dok je u zajednicama prisutno više od 20 % piscivornih vrsta. U znatno promjenjenim povremenim tekućicama, kao i u umjetnim i znatno promjenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka udio jedinki vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes veći je od 0,48, udio jedinki koje pripadaju redu Salmoniformes veći je od 0,3, dok predstavnika reda Perciformes nema ili ima u malom udjelu (do najviše 0,4).

Umjerenom ekološkom potencijalu odgovaraju zajednice u kojima su strane vrste prisutne s većim brojem i gustoćom jedinki te imaju negativan utjecaj na autohtonu ihtiofaunu. Broj

nativnih vrsta je smanjen, kao i njihove gustoće, a odnosi u zajednicama djelomično poremećeni. U malim i srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama udio jedinki nativnih vrsta iznosi 0,4-0,6, dok je udio piscivornih vrsta 0,13-0,2. U znatno promijenjenim povremenim tekućicama, kao i u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka udio jedinki vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes iznosi 0,32-0,48, udio jedinki koje pripadaju redu Salmoniformes 0,2-0,3, dok je udio jedinki vrsta iz reda Perciformes 0,4-0,6.

#### 4.4.2.2.5. Procjena ekološkog potencijala u umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama Dinaridske ekoregije na temelju riba kao biološkog elementa te primjeri potencijalnih mjera ublažavanja

Slijedeći opisanu metodologiju za svaki je lokalitet uključen u ovaj projekt (Tablica 4.81.), a na kojem su ulovljene ribe, procijenjen ekološki potencijal. U sljedećim poglavljima prikazujemo Omjere ekološke kvalitete i Hrvatske indekse ekološkog potencijala prema ribama za sve umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije na kojima ih je bilo moguće odrediti, poredane prema tipovima za koje je utvrđena jedinstvena metodologija.

Procjena ekološkog potencijala u malim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka te slivnim područjem površine 2-100 km<sup>2</sup>; srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup>; te srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanošću, a slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup> u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K 7B, HR-K 8A i HR-K 8B):

**Tablica 4.81.** Omjeri ekološke kakvoće i utvrđeni indeksi ekološkog potencijala u malim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka te slivnim područjem površine 2-100 km<sup>2</sup>; srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup>; te srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanošću, a slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup> u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_7B, HR-K\_8A i HR-K\_8B).

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	OEK(uSn)	OEK(pPISC)	HRIuT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Curak, nakon HE Munjava	HR-K_7B	1	1	1	DOBAR I BOLJI
Curak, D. Ložac	HR-K_7B	1	1	1	DOBAR I BOLJI

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	OEK(uSn)	OEK(pPISC)	HRIuT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Ličanka, ispod CHE Fužine	HR-K_7B	0,77	0,76	0,76	DOBAR I BOLJI
Ličanka, Fužine	HR-K_7B	0,74	0,30	0,52	UMJEREN
Dubračina, Tribalj - Ričina	HR-K_7B	1,00	1,00	1,00	DOBAR I BOLJI
Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	HR-K_7B	1,00	1,00	1,00	DOBAR I BOLJI
Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	HR-K_7B	0,17	0,00	0,09	VRLO LOŠ
Obuhvatni kanal Muftrin, prije ušća u Mirnu	HR-K_7B	1,00	0,00	0,50	UMJEREN
Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	HR-K_7B	1,00	0,30	0,65	DOBAR I BOLJI
Raša, Most Raša	HR-K_8A	0,03	0,51	0,27	LOŠ
Mirna, Sovinjak-Minjera	HR-K_8B	1,00	0,30	0,65	DOBAR I BOLJI
Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	HR-K_8B	1,00	0,00	0,50	UMJEREN
Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	HR-K_8B	1,00	1,00	1,00	DOBAR I BOLJI
Butižnica, prije ak. Golubić	HR-K_8B	1,00	1,00	1,00	DOBAR I BOLJI

Iz Tablice 4.81. jasno je vidljivo kako je ekološki potencijal tekućica Dinaridske ekoregije znatno bolji no što je to slučaj sa stajaćicama, što je posljedica boljeg stanja ribljih zajednica, koje su znatno bliže prirodnim uvjetima i maksimalnog ekološkom potencijalu, dok je utjecaj stranih vrsta, iako prisutan, ipak slabiji nego što je to slučaj sa stajaćicama. Kao pritisci koji imaju najzanačajniji utjecaj na ihtiofaunu malih i srednje velikih znatno promijenjenih tekućica identificirani su poremećaji uzdužne povezanosti i povišenje kemijske potrošnje kisika. Međutim, uslijed promijenjenih uvjeta i destabilizacija ribljih zajednica, i na ovim je lokalitetima došlo do pojave i širenja stranih vrsta, a na nekim lokalitetima njihove su populacije izuzetno guste. Osobito su problematični lokaliteti Obuhvatni kanal Bastija i Raša –

most Raša, na kojima invazivna vrsta *Gambusia affinis* ima izuzetno guste populacije i uvelike dominira u broju jedinki.

Na temelju navedenog, među moguće mjere ublažavanja, koje svakako trebaju biti prilagođene pojedinom lokalitetu, ubrajaju se: uklanjanje stranih vrsta na lokalitetima na kojima su trenutno prisutne (Ličanka, Obuhvatni kanal Bastija i Raša), uspostavljanje sustava za rano uočavanje i brzo djelovanje u slučaju pojave stranih vrsta, sprječavanje poribljavanja stranim vrstama strogom kontrolom i edukacijom ribiča i lokalnog stanovništva, rješavanje negativnih učinaka fragmentacije staništa i osiguranje riječnog kontinuiteta, sprječavanje onečišćenja vodnih tijela iz drugih izvora, osiguranje odgovarajuće koncentracije kisika obnovom prirodnih ili stvaranjem umjetnih kaskada, očuvanjem utoka manjih vodotoka, obnovom i očuvanjem vodenih i priobalnih biljnih zajednica.

Procjena ekološkog potencijala u znatno promijenjenim povremenim tekućicama s promijenjenom morfologijom; znatno promijenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka; umjetnim tekućicama s velikim dnevnim promjenama protoka (dovodni i odvodni kanali na hidroenergetskim postrojenjima); te umjetnim tekućicama s velikim sezonskim promjenama protoka u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_10, HR-K\_12, HR-K\_13A i HR-K\_13B):

**Tablica 4.82.** Omjeri ekološke kakvoće i utvrđeni indeksi ekološkog potencijala u znatno promijenjenim povremenim tekućicama s promijenjenom morfologijom; znatno promijenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka; umjetnim tekućicama s velikim dnevnim promjenama protoka (dovodni i odvodni kanali na hidroenergetskim postrojenjima); te umjetnim tekućicama s velikim sezonskim promjenama protoka u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_10, HR-K\_12, HR-K\_13A i HR-K\_13B).

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	OEK (uCIPR)	OEK (uSALM)	OEK (uPERC)	HRIuT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Krbunski potok	HR-K_10	1,00	0,00	1,00	0,67	DOBAR I BOLJI
Vlaški potok (Posert)	HR-K_10	1,00	0,00	1,00	0,67	DOBAR I BOLJI
Suvaja, nakon ak. Ričice	HR-K_10	0,00	0,00	0,00	0,00	VRLO LOŠ
Lika, Selište	HR-K_12	0,47	0,00	0,38	0,28	LOŠ
Rječina, HE Rijeka	HR-K_12	0,08	1,00	1,00	0,69	DOBAR I BOLJI
Zvizda, prije ušća u Cetinu	HR-K_12	0,94	0,44	1,00	0,79	DOBAR I BOLJI
Ričica, nakon utoka Opsenice	HR-K_12	0,45	0,00	1,00	0,48	UMJEREN

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	OEK (uCIPR)	OEK (uSALM)	OEK (uPERC)	HRIT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Kanal Gacka, južno od Otočca	HR-K_13A	0,03	1,00	0,94	0,66	DOBAR I BOLJI
Gusić, prije ak. Gusić	HR-K_13A	0,00	0,42	0,21	0,21	LOŠ
Gusić, Otočac	HR-K_13A	0,04	1,00	1,00	0,68	DOBAR I BOLJI
Odvodni kanal HE Golubić	HR-K_13A	0,00	1	1	0,67	DOBAR I BOLJI
GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	HR-K_13B	0,00	0,00	0,00	0,00	VRLO LOŠ

Slično kao što je bila situacija s prethodno razmatranim tipovima umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije, niti u slučaju znatno promijenjenih povremenih tekućica, znatno promijenjenih tekućica s velikim promjenama protoka i umjetnih tekućica, situacija nije toliko loša kao što je to slučaj s umjetnim i znatno promijenjenim stjaćicama. Za šest lokaliteta utvrđen je dobar i bolji ekološki potencijal te su u njima uglavnom prisutne native vrste, predstavnici redova Cypriniformes i Salmoniformes. Na lokalitetu Ričica ekološki potencijal je umjeren te su u njemu zabilježene tri strane vrste. Međutim, ovaj je lokalitet neobičan po tome što strane vrste u njemu ne potječu iz Dunavskog slijeva ili izvan granica Hrvatske, već su unesene iz Zrmanje. Na četiri je lokaliteta zabilježen loš i vrlo loš ekološki potencijal, a zajednice riba su znatnije promijenjene, uz osobito problematično prisustvo stranih vrsta. Na lokalitetima Suvaja i GOK-2 zabilježene su isključivo strane vrste.

Osim stranih vrsta, čiji su negativni utjecaji po autohtonu zajednicu već opisani, a koje najlakše uspostavljaju stabilne populacije upravo u slučajevima kada je stabilnost populacija nativnih vrsta narušena uslijed različitih antropogenih prijetnji, osobite prijetnje ribljim zajednicama na ovim vodotocima predstavljaju poremećaji uzdužne povezanosti, odnosno fragmentacija staništa, povećanje kemijske potrošnje kisika, ali i povećanje koncentracije nitrata, što možemo povezati s prisutnošću izvora onečišćenja i/ili pojačanom eutrofikacijom. U skladu s primijećenim problemima, neke od potencijalnih mjera ublažavanja mogu biti i: uklanjanje stranih vrsta na lokalitetima na kojima su trenutno prisutne (Suvaja, Lika Selište, Ričica, kanal Gacka, Gusić i GOK-2), uspostavljanje sustava za rano uočavanje i brzo djelovanje u slučaju pojave stranih vrsta, sprječavanje poribljavanja stranim vrstama strogom kontrolom i edukacijom ribiča i lokalnog stanovništva, reintrodukcije nativnih vrsta na lokalitetima na kojima su trenutno prisutne samo strane vrste riba, rješavanje negativnih efekata fragmentacije staništa i osiguranje riječnog kontinuiteta, sprječavanje onečišćenja vodnih tijela iz drugih izvora, sprječavanje ispiranja nitrata s poljoprivrednih površina u vodotoke, osiguranje odgovarajuće koncentracije kisika obnovom prirodnih ili stvaranjem umjetnih kaskada, očuvanjem utoka manjih vodotoka, obnovom i očuvanjem vodenih i priobalnih biljnih zajednica.

Zaključno, u Tablici 4.83. dan je komparativan prikaz vrijednosti indeksa na temelju riba za tekućice Dinaridske ekoregije, korištenjem metodologije razvijene za prirodna vodna tijela te novorazvijene metodologije prilagođene umjetnim i znatno promijenjenim tekućicama.

**Tablica 4.83.** Usporedni prikaz indeksa ekološkog stanja/potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije, na temelju metodologije za prirodna vodna tijela i metodologije za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije.

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	METODOLOGIJA ZA PRIRODNE TEKUĆICE		METODOLOGIJA ZA UMJETNE I ZNATNO PROMIENJENE TEKUĆICE	
		HRIR	EKOLOŠKO STANJE	HRIuT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Ličanka, ispod CHE Fužine	HR-K_7B	0,55	UMJERENO	0,76	DOBAR I BOLJI
Ličanka, Fužine	HR-K_7B	0,38	LOŠE	0,52	UMJEREN
Dubračina, Tribalj - Ričina	HR-K_7B	0,33	LOŠE	1,00	DOBAR I BOLJI
Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	HR-K_7B	0,33	LOŠE	1,00	DOBAR I BOLJI
Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	HR-K_7B	0,50	UMJERENO	0,09	VRLO LOŠ
Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	HR-K_7B	0,70	DOBRO	0,50	UMJEREN
Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	HR-K_7B	0,77	DOBRO	0,65	DOBAR I BOLJI
Raša, Most Raša	HR-K_8A	0,76	DOBRO	0,27	LOŠ
Mirna, Sovinjak-Minjera	HR-K_8B	0,79	DOBRO	0,65	DOBAR I BOLJI
Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	HR-K_8B	0,75	DOBRO	0,50	UMJEREN
Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	HR-K_8B	0,79	DOBRO	1,00	DOBAR I BOLJI
Butižnica, prije ak. Golubić	HR-K_8B	0,79	DOBRO	1,00	DOBAR I BOLJI

LOKALITET	Tip ZPVT/UVT	METODOLOGIJA ZA PRIRODNE TEKUĆICE		METODOLOGIJA ZA UMJETNE I ZNATNO PROMIENJENE TEKUĆICE	
		HRIR	EKOLOŠKO STANJE	HRIuT	EKOLOŠKI POTENCIJAL
Krbunski potok	HR-K_10	0,78	DOBRO	0,67	DOBAR I BOLJI
Vlaški potok (Posert)	HR-K_10	0,82	VRLO DOBRO	0,67	DOBAR I BOLJI
Suvaja, nakon ak. Ričice	HR-K_10	0,29	LOŠE	0,00	VRLO LOŠ
Lika, Selište	HR-K_12	0,19	VRLO LOŠE	0,28	LOŠ
Rječina, HE Rijeka	HR-K_12	0,89	VRLO DOBRO	0,69	DOBAR I BOLJI
Zvizda, prije ušća u Cetinu	HR-K_12	0,83	VRLO DOBRO	0,79	DOBAR I BOLJI
Ričica, nakon utoka Opsenice	HR-K_12	0,47	UMJERENO	0,48	UMJEREN
Kanal Gacka, južno od Otočca	HR-K_13A	0,74	DOBRO	0,66	DOBAR I BOLJI
Gusić, prije ak. Gusić	HR-K_13A	0,50	UMJERENO	0,21	LOŠ
Gusić, Otočac	HR-K_13A	0,87	VRLO DOBRO	0,68	DOBAR I BOLJI
Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	HR-K_13A	0,79	DOBRO	0,67	DOBAR I BOLJI
GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	HR-K_13B	0,00	VRLO LOŠE	0,00	VRLO LOŠ

Iz Tablice 4.83. vidljivo je kako postoji određeni stupanj nesklada između dva sustava pa čak i slučajevi da sustav za prirodne tekućice rezultira boljom ocjenom od novorazvijenog sustava. To je isključivo posljedica nekompatibilnosti sustava razvijenog za prirodne tekućice za ocjenu umjetnih i znatno promijenjenih tekućica. Naime, specifičnosti promijenjenih tekućica nisu uopće bile uključene u razvoj metodologije za prirodne tekućice, zbog čega one metrike koje su se kod tih vodnih tijela pokazale bitnima za uljučenje u indeks ekološkog potencijala, nisu uključene u indeks ekološkog stanja tekućica. Posljedično, niti struktura riblje zajednice u odnosu na referentne uvjete nije prezentirana indeksom razrađenim za prirodna vodna tijela te on nikako nije relevantan za umjetna i znatno promijenjena vodna tijela, već njihov potencijal dobro opisuje novorazvijeni indeks HRIuT. Za procjenu i monitoring ekološkog stanja umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba potrebno je koristiti



novorazvijeni indeks HRIuS, koji, osim što daje kvantitativnu procjenu ekološkog potencijala navedenih vodotoka utvrđenu statističkom procedurom koja se smatra adekvatnom za razvoj klasifikacijskih sustava, također će omogućiti i primjećivanje i kvantificiranje promjena tog ekološkog potencijala ovisno kako će se mijenjati oni pritisci koji su se pokazali značajnima upravo za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije.

#### 4.4.3. Prikaz novorazvijene metodologije za utvrđivanje ekološkog potencijala umjetnih stajaćica Dinaridske ekoregije na temelju riba

##### Uzorkovanje

##### Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje je potrebno provoditi u toplijem dijelu godine, u razdoblja od travnja do studenog, što je razdoblje kada su ribe aktivne u stajaćim vodama. Salmonidne vrste moguće je uzorkovati i tijekom hladnog dijela godine, ali je potrebno izbjegavati razdoblje mrijesta.

##### Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Uzorkuje se na način da se osigura prikupljanje reprezentativnog uzorka za određenu ihtiocenuzu. Broj mreža koje je potrebno postaviti ovisi o površini akumulacije (Tablica 4.84.), a raspoređuju se jednoliko na svim dubinama.

**Tablica 4.84.** Najmanji broj bentičkih mreža „Nordijskog“ tipa kojeg je potrebno koristiti u istraživanjima u odnosu na površinu umjetne stajaćice.

Površina vodenog tijela (ha)	Broj mreža s različitim veličinom oka po lovnoj noći		
	Ukupno	U epi-/metalimniju	U hipolimniju
≤ 50	4	2	2
51-300	8	4	4
301-2000	16	8	8
> 2000	24	12	12

##### Način uzorkovanja

Uzorkovanje je potrebno provoditi u skladu sa standardom HRN EN 14757:2015, odnosno upotrebom mreža različite veličine oka (EN 14757:2015), a mjesto postavljanja mreža ovisi o površini i dubini jezera. Koriste se standardne jednostruke najlonske mreže nordijskog tipa, a broj mreža koje je potrebno postaviti ovisi o površini i dubini kumulacije (Tablica 4.84.). Postavljaju se mreže duljine 30 m, a visine 1,5 m. Svaka mreža nordijskog tipa sastoji se od 12



polja s veličinom oka 5-55 mm i duljine 2,5 m. Mreže je u jezerima potrebno ostaviti 12 sati (preko noći).

#### Determinacija riba, mjerenje te rukovanje ribama prije njihovog ponovnog puštanja u rijeku

Ribu je potrebno što je moguće brže izvaditi iz mreže te provesti determinaciju ulovljenih jedinki. Determinacija riba vrši se na temelju vanjskih morfoloških značajki uz pomoć determinacijskih ključeva (Vuković i Ivanović, 1971; Povž i Sket, 1990; Miller i Loates 1997; Kottelat i Freyhof, 2007). Determinaciju je potrebno provesti do razine vrste. U slučaju sumnje u točnost određivanja (hibridi, vrlo bliske vrste, mlade jedinke), takve jedinke potrebno je konzervirati i odnijeti u laboratorij radi precizne determinacije. Za konzervaciju se koristi 4%-tna otopina formaldehida. Konzervirane jedinke s različitih postaja potrebno je odvajati u zasebne, dobro obilježene posude. Na terenu se bilježe vrste prisutne na nekom lokalitetu te njihov broj.

#### Laboratorijska obrada uzoraka

Laboratorijska obrada potrebna je samo u slučajevima nesigurnog taksonomskog statusa nekih jedinki i odnosi se na determinaciju jedinki u laboratoriju.

#### Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala

##### Pokazatelji za ocjenu ekološkog potencijala

Pokazatelji za izračun ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih stajaćica Dinaridske ekoregije na temelju riba su sljedeći:

- Udio litofilnih vrsta (pLITH)
- Udio vrsta koje pripadaju redu Cypriniformes (pCIPR)
- Udio jedinki nativnih vrsta u ukupnom broju jedinki (uSn)
- Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat)

Navedenih četiri metrika ribljih zajednica odabrane su za uključenje u izračun Hrvatskog ribljeg indeksa za umjetne stajaćice (HRIuS) jer su u statističkoj proceduri pokazale značajan odgovor na određene antropogene pritiske.

#### Maksimalni i dobar ekološki potencijal

Prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za umjetne stajaćice korišten je pristup odabira referentnih uvjeta, kao vrijednosti metrika ribljih zajednica bitnih za izračun indeksa, kakve bi bile u slučaju ostvarivanja najboljih mogućih zajednica unutar pojedine stajaćice, a time i postizanja najboljih mogućih uvjeta unutar pojedinih vodnih tijela. Ovaj se pristup, dakle, temelji na procjeni referentnih uvjeta koji odgovaraju maksimalnom ekološkom potencijalu. Međutim, on je za ribe također usklađen i s pristupom određivanja MEP-a identifikacijom mjera ublažavanja, s obzirom da će kvalitetna primjena predloženih mjera ublažavanja, prilagođenih za svaki pojedini lokalitet, omogućiti stabilizaciju ribljih zajednica i

njihovo poboljšanje prema najboljim mogućim (referentnim) uvjetima, a time onda i povišenje ekološkog potencijala prema maksimalnom ekološkom potencijalu pojedinih umjetnih stajaćica u Hrvatskoj. Stoga maksimalni ekološki potencijal odgovara vrijednostima omjera ekološke kakvoće od 1, a dobar i bolji ekološki potencijal vrijednostima omjera ekološke kakvoće većima od 0,6. Najlošije moguće vrijednosti pojedinih ribljih metrika određene su kao najgore zabilježene vrijednosti u slučaju izrazito promijenjenih zajednica ili stručne procjene najgore moguće vrijednosti (npr. ako se radi o metrikama koje opisuju udio stranih vrsta, onda je najgore moguće stanje da su na nekom lokalitetu zabilježene isključivo strane vrste). U Tablici 4.85. navedene su vrijednosti pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala kod maksimalnog ekološkog potencijala i u najgorim mogućim uvjetima.

**Tablica 4.85.** Vrijednosti pokazatelja ekološkog potencijala kod maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) te u najgorim mogućim uvjetima za umjetne stajaćice Dinaridske ekoregije.

METRIKA RIBLJE ZAJEDNICE	MEP	NAJGORI UVJETI
<b>Udio litofilnih vrsta (pLITH)</b>	0,3	0
<b>Udio vrsta iz reda Cypriniformes (pCIPR)</b>	0,8	0
<b>Udio jedinki nativnih vrsta (uSn)</b>	1	0
<b>Shannonov indeks temeljen na nativnim vrstama (Hnat)</b>	1	0

#### Izračun omjera ekološke kakvoće (OEK)

Omjeri ekološke kakvoće (OEK) računaju se zasebno za svaku metriku ribljih zajednica koja se uključuje u izračun indeksa za jezera prema sljedećoj formuli:

$$OEK_{\text{metrika}} = \frac{\text{Vrijednost metrike} - \text{Donja granica}}{\text{Gornja granica} - \text{Donja granica}}$$

#### Generiranje Hrvatskog indeksa za umjetne stajaćice prema ribama (HRIuS)

Hrvatski indeks ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene stajaćice Dinaridske ekoregije temeljen na ribama (HRIuS) računa se tako da se zbroje svi omjeri ekološke kakvoće i podijele s brojem omjera ekološke kakvoće:

$$HRIuS = \frac{OEK(pLITH) + OEK(pCIPR) + OEK(UsN) + OEK(Hnat)}{4}$$

HRIuS je multimetrijski indeks, koji integrira više metrika te objedinjuje odgovore na više pritisaka.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala

Vrijednosti HRIuS-a veće od 0,6 ukazuju na dobar i bolji ekološki potencijal vodotoka. Ako HRIuS na nekom lokalitetu ima vrijednost između 0,4 i 0,59 označavaju umjeren ekološki potencijal prema ribama kao biološkom elementu. Loš ekološki potencijal imaju vodotoci za koje HRIuS ima vrijednosti 0,21-0,39, dok vrijednosti HRIuS-a manje od 0,20 ukazuju na vrlo loš ekološki potencijal.

#### **4.4.4. Prikaz novorazvijene metodologije za utvrđivanje ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba**

##### Uzorkovanje

##### Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje je potrebno provoditi u toplijem dijelu godine, u razdoblja od travnja do studenog, što je razdoblje kada su aktivne i ciprinidne i salmonidne vrste. Salmonidne vrste moguće je uzorkovati i tijekom hladnog dijela godine, ali je potrebno izbjegavati razdoblje mrijesta.

##### Odabir i veličina mjesta uzorkovanja

Uzorkovanje je potrebno provoditi tako da se maksimalno obuhvati raznolikost svih tipova staništa pojedinog lokaliteta. Na vodotocima čija je širina manja od 5 m uzorkuje se cijela širina vodotoka u dužini od minimalno 80 m. Na vodotocima širine od 5 do 15 m potrebno je uzorkovati čitavu širinu vodotoka u dužini od minimalno 150 m, a na vodotocima širim od 15 metara uzorkovanje se provodi samo uz obalu (lijevu, desnu ili obje) u dužini od minimalno 300 m.

##### Način uzorkovanja

Uzorkovanje na tekućicama vrši se metodom elektroribolova (CEN 14011, 2003), iz vode hodajući ili iz čamca. Čamac je potrebno koristiti na lokalitetima dubine veće od 70 cm. Lov se obavlja jednom anodom promjera obruča od 50 cm na dršku od stakloplastike dužine 2,5 m iz gumenog čamca prilagođenog za elektroribolov ili hodajući ako je dubina vodotoka manja od 70 cm. Uzorkovanjem je potrebno pokriti sva postojeća staništa na svakom pojedinom lokalitetu, a posebno mjesta gdje se ribe mogu sakriti.

##### Determinacija riba, mjerenje te rukovanje ribama prije njihovog ponovnog puštanja u rijeku

Determinacija riba vrši se odmah po ulovu, na temelju vanjskih morfoloških značajki uz pomoć determinacijskih ključeva (Vuković i Ivanović 1971, Povž i Sket 1990, Miller i Loates 1997, Kottelat i Freyhof 2007). Determinaciju je potrebno provesti do razine vrste. U slučaju sumnje u točnost određivanja (hibridi, vrlo bliske vrste, mlade jedinke), takve jedinke potrebno je konzervirati i odnijeti u laboratorij radi precizne determinacije. Za konzervaciju se koristi 4%-tna otopina formaldehida. Konzervirane jedinke s različitih postaja potrebno je odvajati u

zasebne, dobro obilježene posude. Većinu jedinki (osim onih nesigurnog taksonomskog statusa) potrebno je odmah nakon determinacije pustiti nazad u vodotok. Na terenu se bilježe vrste prisutne na nekom lokalitetu te njihov broj.

#### Laboratorijska obrada uzoraka

Laboratorijska obrada potrebna je samo u slučajevima nesigurnog taksonomskog statusa nekih jedinki i odnosi se na determinaciju jedinki u laboratoriju.

#### Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala

##### Pokazatelji za ocjenu ekološkog potencijala

Pokazatelji za izračun ekološkog potencijala umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije na temelju riba su sljedeći:

- Udio jedinki autohtonih vrsta (uSn)
- Udio piscivornih vrsta (pPISC)
- Udio jedinki iz reda Cypriniformes (uCIPR)
- Udio jedinki iz reda Salmoniformes (uSALM)
- Udio jedinki iz reda Perciformes (uPERC)

Navedene metrike ribljih zajednica odabrane su za uključenje u izračun Hrvatskog ribljeg indeksa za umjetne tekućice (HRIuT) jer su u statističkoj proceduri pokazale značajan odgovor na određene antropogene pritiske. Prve dvije metrike (uSn i pPISC) koriste se za određivanje ekološkog potencijala u malim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanosti toka te slivnim područjem površine 2-100 km<sup>2</sup>, srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup>, te srednje velikim znatno promijenjenim tekućicama s promijenjenom morfologijom i uzdužnom povezanošću, a slivnim područjem površine 100-1000 km<sup>2</sup> u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_7B, HR-K\_8A i HR-K\_8B). Metrike uCIPR, uSALM i uPERC koriste se za određivanje ekološkog potencijala u znatno promijenjenim povremenim tekućicama s promijenjenom morfologijom, znatno promijenjenim tekućicama s velikim promjenama protoka, umjetnim tekućicama s velikim dnevnim promjenama protoka (dovodni i odvodni kanali na hidroenergetskim postrojenjima), te umjetnim tekućicama s velikim sezonskim promjenama protoka u Dinaridskoj ekoregiji (tipovi HR-K\_10, HR-K\_12, HR-K\_13A i HR-K\_13B).

##### Maksimalni i dobar ekološki potencijal

Prilikom razvoja klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice korišten je pristup odabira referentnih uvjeta, kao vrijednosti metrika ribljih zajednica bitnih za izračun indeksa, kakve bi bile u slučaju ostvarivanja najboljih mogućih zajednica unutar pojedine tekućice, a time i postizanja najboljih mogućih uvjeta unutar pojedinih vodnih tijela. Ovaj se pristup, dakle, temelji na procjeni referentnih uvjeta koji odgovaraju maksimalnom ekološkom potencijalu. Međutim, on je za ribe također usklađen i

s pristupom određivanja MEP-a identifikacijom mjera ublažavanja, s obzirom da će kvalitetna primjena predloženih mjera ublažavanja, prilagođenih za svaki pojedini lokalitet, omogućiti stabilizaciju ribljih zajednica i njihovo poboljšanje prema najboljim mogućim (referentnim) uvjetima, a time onda i povišenje ekološkog potencijala prema maksimalnom ekološkom potencijalu pojedinih umjetnih i znatno promijenjenih tekućica u Hrvatskoj. Stoga maksimalni ekološki potencijal odgovara vrijednostima omjera ekološke kakvoće od 1, a dobar i bolji ekološki potencijal vrijednostima omjera ekološke kakvoće većima od 0,6. Najlošije moguće vrijednosti pojedinih ribljih metrika određene su kao najgore zabilježene vrijednosti u slučaju izrazito promijenjenih zajednica ili stručne procjene najgore moguće vrijednosti (npr. ako se radi o metrikama koje opisuju udio stranih vrsta, onda je najgore moguće stanje da su na nekom lokalitetu zabilježene isključivo strane vrste). U Tablici 4.86. navedene su vrijednosti pokazatelja za ocjenu ekološkog potencijala kod maksimalnog ekološkog potencijala i u najgorim mogućim uvjetima.

**Tablica 4.86.** Vrijednosti pokazatelja ekološkog potencijala kod maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) te u najgorim mogućim uvjetima za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije.

TIP VODOTOKA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI	ODNOS PRITISAK - ODGOVOR	MEP	NAJGORI UVJETI
<b>HR-K_7B, HR-K_8A i HR-K_8B</b>	Udio jedinki autohtonih vrsta (uSn) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	1	0
	Udio piscivornih vrsta (pPISC) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	0,33	0
<b>HR-K_10, HR-K_12, HR-K_13A i HR-K_13B</b>	Udio jedinki iz reda Cypriniformes (uCIPR) pokazuje odgovor na uzdužnu povezanost	0,8	0
	Udio jedinki iz reda Salmoniformes (uSALM) pokazuje odgovor na kemijsku potrošnju kisika	0,5	0
	Udio jedinki iz reda Perciformes (uPERC) pokazuje odgovor na koncentraciju otopljenih nitrata	0	1

#### Izračun omjera ekološke kakvoće (OEK) na osnovu riba

Omjeri ekološke kakvoće (OEK) računaju se zasebno za svaku metriku ribljih zajednica koja se uključuje u izračun indeksa za tekućice prema sljedećim formulama:

$OEK_{\text{metrika}} = \frac{\text{Vrijednost metrike} - \text{Donja granica}}{\text{Gornja granica} - \text{Donja granica}}$ , za metrike čija vrijednost pada s porastom vrijednosti pritiska (uSn, pPISC, uCIPR, uSALM),

odnosno

$OEK_{\text{metrika}} = 1 - (\text{Vrijednost metrike} - \text{Donja granica}) / (\text{Gornja granica} - \text{Donja granica})$ , za metrike čija vrijednost raste s porastom vrijednosti pritiska (uPERC).

Generiranje Hrvatskog indeksa za umjetne i znatno promijenjene tekućice prema ribama (HRIuT)

Hrvatski indeks ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene tekućice Dinaridske ekoregije temeljen na ribama (HRIuT) računa se tako da se zbroje svi omjeri ekološke kakvoće i podijele s brojem omjera ekološke kakvoće (Tablica 4.87.).

**Tablica 4.87.** Formule za izračun indeksa ekološkog potencijala za pojedine tipove umjetnih i znatno promijenjenih tekućica Dinaridske ekoregije.

TIP VODOTOKA PREMA NACIONALNOJ KLASIFIKACIJI	HRIuT
<b>HR-K_7B, HR-K_8A i HR-K_8B</b>	$HRIuT = \frac{OEK(uSn) + OEK(pPISC)}{2}$
<b>HR-K_10, HR-K_12, HR-K_13A i HR-K_13B</b>	$HRIuT = \frac{OEK(uCIPR) + OEK(uSALM) + OEK(uPERC)}{3}$

HRIuS je multimetrijski indeks, koji integrira više metrika te objedinjuje odgovore na više pritisaka.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala

Vrijednosti HRIuT-a veće od 0,6 ukazuju na dobar i bolji ekološki potencijal vodotoka. Ako HRIuT na nekom lokalitetu ima vrijednost između 0,4 i 0,59 označavaju umjeren ekološki potencijal prema ribama kao biološkom elementu. Loš ekološki potencijal imaju vodotoci za koje HRIuT ima vrijednosti 0,21-0,39, dok vrijednosti HRIuT-a manje od 0,20 ukazuju na vrlo loš ekološki potencijal.

Literatura:

- Anonymous (1910) Jegulje u Vranskom jezeru na otoku Cresu. Lovačko-ribarski vjesnik, 19, 72.
- Anonymous (1945) Ribe i raci u Plitvičkim jezerima. Priroda, 32 (9–10), 151–1
- Anonymous (1964) Ispitivanje Vranskog jezera. Ribarstvo Jugoslavije, 4, 81.
- Anonymous (2015) Plan upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021. (Nacrt). Hrvatske vode, str. 401.

- Argillier, C., Caussé, S., Gevrey, M., Pédrón, S., De Bortoli, J., Brucet, S., Emmrich, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T., Mehner, T., Olin, M., Rask, M., Volta, P., Winfield, I.J., Kelly, F., Krause, T., Palm, A., Holmgren, K. (2013) Development of a fish-based index to assess the eutrophication status of European lakes. *Hydrobiologia*, 704, 193-211.
- Basioli, J. (1957) Ribarstvo otoka Cresa. *Morsko ribarstvo*, 3, 81–84.
- Basioli, J. (1957a) Ribarstvo rijeke Neretve. *Ribarstvo Jugoslavije*, 3, 43–46.
- Basioli, J. (1958) Ribarstvo u području Donje Neretve. *Morsko ribarstvo*, 12, 263–265.
- Basioli, J. (1960) Ribolov na Vranskom jezeru. *Ribarstvo Jugoslavije*, 5, 131–132.
- Basioli, J. (1971) Jegulje (Anguillidae). *Morsko ribarstvo*, 4, 157–168.
- Bašić, Đ. (2005) Ribarstvo Dalmacije u XIX. i XX. stoljeću. *Pomorski zbornik*, 43(1), 261–283.
- Belkinova, D., Mladenov, R., Dimitrova-Dyulgerova, I., Teneva, I., Stoyanov, P., Cheshmedjiev, S. (2012) Phytoplankton of the Stouden Kladenets Reservoir (Eastern Rhodope Mountains, Bulgaria). *University of Plovdiv "Paisii Hilendarski"*, 42-61.
- Belkinova, D., Mladenov, R., Cheshmedjiev, S. (2013) Phyto-plankton. U: Belkinova D. and Gecheva G. (Ur.): *Biological analysis and ecological status assessment of Bulgarian surface water ecosystems*. Plovdiv (Plovdiv University Press), str. 55-95.
- Bogdanović, I. (1954) O vodama plitvičkog sliva . *Ribarstvo Jugoslavije*, 2, 35–37.
- Bogdanović, I. (1959) Problemi oko poribljavanja Plitvčkih Jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 94–95.
- Bogdanović, I. (1961) Prvi ozbiljni koraci u poribljavanju Plitvičkih jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 2, 44–46.
- Buj, I., Marčić, Z., Čaleta, M., Duplić, A., Raguž, L., Zanella, D., Mustafić, P., Mrakovčić, M. (2018) Očuvanje prirodne baštine Nacionalnog parka Plitvička jezera Program istraživanja, obnove i zaštite autohtone potočne pastrve. *HID*, Zagreb.
- Bužanić, M., Ninčević Gladan, Ž., Marasović, I., Kušpilić, G., Grbec, B. (2016) Eutrophication influence on phytoplankton community composition in three bays on the eastern Adriatic coast. *Oceanologia*, 58, 302-316.
- CEN document (2003) Water quality – Sampling of fish with electricity. CEN/TC 230, Ref. No. EN 14011: 2003 E.
- CEN document (2004) Water quality – Guidance on the scope and selection of fish sampling methods. CEN/TC 230, Ref. No. EN 14962: 2004 E.
- CEN document (2005) Water quality – Sampling of fish with of fish sampling methods. CEN/TC 230, Ref. No. EN 14757: 2005 E.
- Chislock, M., F., Doster, E., Zitomer, R., A., Wilson, A., E. (2013) Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems. *Nature Education Knowledge*, 4, 10.
- Conley, D., J., Schelske C., L., Stoermer E., F. (1993) Modification of the Biogeochemical Cycle of Silica with Eutrophication. *Marine Ecology Progress series*, 101, 179-192.
- Correll, D. L. (1998) The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. *Journal of Environmental Qualit*, 27, 261-266.
- Didier, J. (1997) *Indice biotique d'intégrité piscicole pour évaluer la qualité écologique des écosystèmes lotiques*. PhD thesis, Presses Universitaires de Namur, Belgium.

- Donohue, I., Jackson, A.L., Pusch, M.T., Irvine, K. (2009) Nutrient enrichment homogenizes lake benthic assemblages at local and regional scales. *Ecology*, 90(12), 3470-3477.
- EU Water Framework Directive (2000) Directive of the European parliament and of the council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* 22.12.2000 L 327/1.
- FAME Consortium (2004) Manual for the application of the European Fish Index – EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1, January 2005.
- Fašaić, K., Mrakovčić, M., Mišetić, S. (1990) Kemizam vode i ihtioprodukcija Visovačkog jezera. U: Kerovec, M. (Ur.): Stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema, Knjiga 2, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, str. 365–375.
- Fijan, N. (1948a) Prevoz i nasadivanje šarana u Vransko jezero. *Ribarstvo Jugoslavije*, 6, 45–46.
- Fijan, N. (1948b) Prelaz jezera Vrana pod nadležnost Ministarstva ribarstva NRH. *Ribarstvo Jugoslavije*, 6, 61.
- Fijan, N. (1949) Godišnjica nasadivanja šarana u Vransko jezero. *Ribarstvo Jugoslavije*, 5, 45–46.
- Fijan, N. (1951) Tri godine uzgoja šarana u Vranskom jezeru. *Slatkovodno ribarstvo Jugoslavije*, 3, 46–52.
- Fijan, N. (1953) Ulov ribe na Vranskom jezeru u 1952. godini. *Ribarstvo Jugoslavije*, 1, 23.
- Fijan, N. (1956) Kako je teklo naseljavanje slatkovodne ribe u Vransko jezero. *Morsko ribarstvo*, 2, 54–56.
- Fijan, N. (1975) Uspomene s jednog službenog putovanja na Vransko jezero. *Ribarstvo Jugoslavije*, 6, 140–141.
- Fortis, A. (1771) Saggio d'osservazioni sopra l'isola di Cherso ed Osero. Società Imperiale, e Reale di Siena, ec., Venezia, str. 132.
- Franić, D. (1910b) Plitvička Jezera i njihova okolica. Kraljevska zemaljska tiskara, Zagreb, str. 439.
- Furse, M.T., Hering, D., Brabec, K., Buffagni, A., Sandin, L., Verdonschot, P.F.M. (2006) The ecological status of European rivers, Evaluation and intercalibration of assessment methods. *Hydrobiologia*, 566, 3-29.
- Gonzales, E.J., Roldan, G. (2019) Eutrophication and Phytoplankton: Some Generalities from Lakes and Reservoirs of the Americas. U: Vitova, M. (Ur): Microalgae - From Physiology to Application. IntechOpen, str. 1-13.
- Grce, Z. (1956) Ribarstvo Vranskog jezera. *Morsko ribarstvo*, 7, 217–218.
- Grce, Z. (1957) O rezultatima ribara iz Kopačeva u Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 10, 266–267.
- Grce, Z. (1959) Vrste riba u Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 1, 9.
- Grubišić, F. (1957) Izlovljavanje šarana u Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 5, 144–145.
- Habeković, D. (1967) Eksterijer šarana Vranskog jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 96–104.
- Hafner, R. (1935) Ljetovanje u listopadu ispod slapova Krke. *Ribarski vjesnik*, 9–10, 275–280.
- Hafner-Lahorski, R. (1947a) Jezerska pastrva u našim vodama. *Ribarstvo Jugoslavije*, 5, 79.
- Hafner-Lahorski, R. (1947b) Naši pastrvski orijaši. *Ribarstvo Jugoslavije*, 5, 79–80.



- Heckel, J.J., Kner, R. (1858) Die Süßwasserfische der Österreichischen Monarchie, mit Rücksicht auf die angränzenden Länder. Leipzig, str 388.
- Hering, D., Feld, C.K., Moog, O., Ofenböck T. (2006) Cook book for the development of a multimetric index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia*, 566, 311-324.
- Hirc, D. (1900b) Lika i Plitvička jezera: putne uspomene. Hartman, Zagreb, str. 163.
- Host J. (1802) Botanički put po Istri, Kvarnerskim otocima i Dalmaciji, započet 14. kolovoza 1801, a dovršen 6. kolovoza 1802. (Viaggio botanico nell'Istria, Isole del Quarnero, e nella Dalmazia, incominciato il dì 14 d'Agosto 1801. e terminato il dì 6 d'Agosto 1802.), (Transkripcija i prijevod: Krešimir Čvrljak), Matica hrvatska, Rijeka/(Fiume), 1993., str. (78)-79.
- Hrženjak, T., Ehrlich, I. (1981) Lipidi u salmonida u vodama Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Ekologija*, 2, 133–140.
- Ittekkot, V., Humborg, C., Schafer, P. (2000) Hydrological Alteration and Marine Biogeochemistry: A Silicate Issue. *BioScience*, 50, 9.
- Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M. (2002) Response of phytoplankton, zooplankton, and fish to re-oligotrophication: An 11 year study of 23 Danish lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 5(1), 31-43.
- Jevtić, J. (1991) Izbor koregonusa - ozimica za nasađivanje u otvorene i zatvorene vode. *Ribarstvo Jugoslavije*, 1–2, 14–26.
- Karr, J.R. (1981) Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries*, 6, 21–27.
- Karr, J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R., Schlosser, I.J. (1986) Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. Illinois Natural History Survey, Champaign, IL.
- Kestemont, P., Didier, J., Depiereux, E., Micha, J.C. (2000) Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. *Archiv für Hydrobiologie, Supplementband Monographic Studies*, 121, 321-348.
- Kestemont, P., Goffaux, D. (2002) Metric Selection and Sampling procedures for FAME (D 4-6). *Facultés Universitaires N.D. de la Paix – Namur*, B.
- Kosmat, N. (2003) Morfometrijske značajke vrste *Scardinius erythrophthalmus* L. (Pisces) iz Vranskog jezera kod Biograda. Diplomski rad, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 53.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007) Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat Cornol, Switzerland. Freyhof Berlin, Germany, str. 646.
- Krebs, C.J. (1999) *Ecological Methodology*, Second Edition. Benjamin Cummings, Menlo Park, CA.
- Kunsteck, A. (1998) Taksonomske osobitosti vrste roda *Leuciscus* u Vranskom jezeru na otoku Cresu. Diplomski rad, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 51.
- Launois, L., Veslot, J., Irz, P., Argillier, C. (2011) Selecting fish-based metrics responding to human pressures in French natural lakes and reservoirs: towards the development of a fish-based index (FBI) for French lakes. *Ecology of Freshwater Fish*, 20, 120-132.
- Leiner, S. (1998b) Ribe hrvatskog slijevnog područja rijeke Neretve. *Časopis za književnost i znanost*, 9(4), 245–252.

- Leiner, S. (1999) Gospodarenje i ihtiološka istraživanja akvatorija Nacionalnog parka „Plitvička jezera“. *Priroda*, 861, 37–39.
- Lind, L., Schuler, M.S., Hintz, W.D., Stoler, A.B., Jones, D.K., Mattes, B.M., Relyea, R.A. (2018) Salty fertiles: how salinization and eutrophication alter the structure of freshwater communities. *Ecosphere*, 9, e02383.10.1002/ecs2.2383.
- Liu, Y., Chen, J. (2014) *Encyclopedia of Ecology*, Second Edition. Elsevier.
- Livojević, Z. (1962a) Vransko jezero i oko njega. *Morsko ribarstvo*, 11–12, 13–15.
- Livojević, Z. (1962b) Vransko jezero - i oko njega. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 101–103.
- Macchio, S., Rossi, G. L., Rossi, G., De Bonis, S. (2016) Revisione dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche - in preparazione (Zerunian et al., 2009)
- Meštrov, M., Kerovec, M., Habdija, I., Stilinović, B., Mrakovčić, M., Mihaljević, Z., Bukvić, I., Gottstein, S., Schneider, D., Mustafić, P. (1998) Biološko-ekološka obilježja Vranskog jezera na Cresu (projekt MZT br. 119104).
- Mihov, S. (2010) Development of fish based index for assessing ecological status of Bulgarian rivers (BRI). *Biotechnology and Biotechnology Equipments EQ*. 24/2010/SE, 247-258.
- Miller, P.J., Loates, M.J. (1997) *Fish of Britain & Europe*. Harper Collins Publishers, London.
- Miller, P.J. (2004c) *Knipowitschia croatica* Mrakovčić, Kerovec, Missetic and Schneider, 1994. U: Miller, P.J. (Ur.): *The freshwater fishes of Europe. Gobiidae 2. Vol 8/II*. AULA-Verlag, Wiebelsheim, str. 365–369.
- Morović, D. (1955) Nekoja opažanja o duljini i težini jegulja iz Neretve. *Ribarstvo Jugoslavije*, 2, 28–30.
- Morović, D. (1956) Jadranski mugilidi (cipli, skočci). *Ribarstvo Jugoslavije*, 6, 111–114.
- Morović, D. (1962) Još jedan prilog poznavanju problematike Vranskog jezera. *Morsko ribarstvo*, 7–8, 22–24.
- Morović, D. (1963) Rasprostranjenost Mugilida na istočnoj Jadranskoj obali. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 96–102.
- Morović, D. (1964a) Vransko jezero. *Priroda*, 7, 208–213.
- Morović, D. (1964b) Ribarstveno biološki problemi Vranskog jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 94–101.
- Morović, D. (1967) Godišnje kretanje ulova cipla i jegulje u Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 7–8, 127–130.
- Morović, D. (1970) Quelques observations sur l'anguille, *Anguilla anguilla* L., de la côte orientale de l'Adriatique. *Acta Adriatica*, 27, 1–4.
- Morović, D. (1972) Sve manje jegulja u području donje Neretve. *Morsko ribarstvo*, 3, 111–113.
- Mrakovčić, M., Mišetić, S. (1990a) Značaj i karakteristike ihtiofaune rijeke Krke. U: Kerovec, M. (Ur.): *Problemi zaštite Nacionalnog parka Krka, Knjiga 2. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb*, str. 271–282.
- Mrakovčić, M. (1998) Životinjski svijet u dolini rijeke Neretve s prikazom ribarstva. *Časopis za književnost i znanost*, 9(4) 253–259.
- Mrakovčić, M., Čaleta, M., Mustafić, P., Brigić, A., Zanella, D., Buj, I. (2005) Prikaz životinjskog svijeta šireg područja delte Neretve. *Sektorska studija., PMF, Zagreb*.

- Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Ternjej, I., Mustafić, P., Zanella, D., Čaleta, M., Marčić, Z., Buj, I., Brigić, A., Mihinjač, T. (2011) Ihtiološka istraživanja na rijeci Krki s ciljem očuvanja ihtiofaune rijeke. PMF, Zagreb.
- Mrakovčić, M., Mišetić, S., Povž, M. (1995) Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. *Biological conservation*, 72(2), 179–185.
- Mrakovčić, M., Mišetić, S., Plenković-Moraj, A., Razlog-Grlica, J., Mihaljević, Z., Čaleta, M., Mustafić, P., Kerovec, M., Pavlinić, I., Zanella, D., Buj, I., Brigić, A., Gligora, M., Kralj, K. (2004) Kategorizacija i inventarizacija florističkih i faunističkih vrijednosti Parka priode "Vransko jezero". PMF, Zagreb.
- Mrakovčić, M., Mustafić, P., Čaleta, M., Zanella, D., Buj, I., Brigić, A. (2003) Studija i procjene stanja (monitoring) ribljeg fonda područja dijelova rijeka Drave, Save, Krapine, Mirne, Cetine i Matice te Baćinskih jezera u 2002. godini. PMF, Zagreb
- Mrakovčić, M., Mustafić, P., Čaleta, M., Zanella, D., Buj, I., Brigić, A. (2004) Studija i procjene stanja (monitoring) ribljeg fonda područja dijelova rijeka Drave, Save, Krapine, Mirne, Cetine i Matice te Baćinskih jezera u 2003. godini. PMF, Zagreb.
- Mrakovčić, M., Mustafić, P., Kerovec, M., Mišetić, S., Radović, D., Razlog-Grlica, J., Mihaljević, Z., Ternjej, I., Hafner, D., Čaleta, M., Zanella, D., Buj, I. (2002) Dio studije utjecaja na okoliš odvodnje viška vode iz Vrgorskog polja. PMF, Zagreb.
- Mrakovčić, M., Schneider, D., Mišetić, S., Šurmanović, D. (2000a) Ihtiofauna Baćinskih jezera. U: Kerovec, M., Durbešić, P. (Ur.): *Prirodoslovna istraživanja biokovskog područja*. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, str. 203–212.
- Mustafić, P., Mrakovčić, M., Zanella, D., Marčić, Z., Čaleta, M. (2016) Istraživački monitoring riba u stajaćicama i u vodama na područjima obuhvaćenima projektom navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištima i vodama (NAPNAV). PMF, Zagreb.
- Ocvirk, J. (1992) Dinamika rasti ščuke *Esox lucius* (Linnaeus 1758) v jezeru Vrana, otok Cres. U: Sokolić, J. (Ur.) *Biologija Cresa i Lošinja*. Fond za kulturu Cres-Lošinj, Katedra Čakavskog sabora Cres-Lošinj, Mali Lošinj-Rijeka, str. 192–199.
- Pažur, K. (1970) Mogućnosti razvoja ribarskog turizma na području nacionalnog parka „Plitvička jezera“. *Ribarstvo Jugoslavije*, 3, 66–69.
- Petriki, O., Lazaridou, M., Bobori, D., (2017) A fish-based index for the assessment of the ecological quality of temperate lakes. *Ecological Indicators*, 78, 556-565.
- Plančić, J. (1948) Privredni značaj Vranskog jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 5, 35–38.
- Plančić, J. (1952) Ugibanje jegulja u Vranskom jezeru. *Ribarstvo Jugoslavije*, 1–2, 16–17.
- Plančić, J. (1953) Važnost cipla u našim bočatnim i slatkim vodama. *Morsko ribarstvo*, 1–2, 21–22.
- Plančić, J. (1955) Problem ribarstva na Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 12, 331–334.
- Plančić, J. (1956) Tko je kriv za loše stanje na Vranskom jezeru. *Morsko ribarstvo*, 5, 150.
- Pont, D., Hugueny, B., Beier, U., Goffaux, D., Melcher, A., Noble, R., Rogers, C., Roset, N., Schmutz, S. (2006) Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages. *Journal of Applied Ecology*, 43, 70-80.
- Pont, D., Delaigue, O. (2012) WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 6 report - October 2011 (version June 2012)
- Povž, M., Sket, B. (1990) *Naše sladkovodne ribe*. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana.

- Quignard, J.P., Douchement, C. (2003) *Alosa fallax nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808). U: Miller, J.P. (Ur.) The freshwater fishes of Europe. Clupeidae, Anguillidae. Vol 2. AULA-Verlag, Wiesbaden, str. 265–273.
- Roset, N., Grenouillet, G., Goffaux, D., Kestemont, P. (2007) A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. *Fisheries Management and Ecology*, 14, 393–405.
- Rowan, J.S., Carwardine, J., Duck, R.W., Bragg, O.M., Black, A.R., Cutler, M.E.J., Soutar, I., Boon, P. (2006) Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16, 637–657.
- Runac, M. (1965) Mogućnosti i perspektive ribarskog iskorištavanja Plitvičkih jezera. Diplomski rad, Veterinarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 55.
- Ržaničanin, B., Safner, R., Treer, T. (1984a) Utjecaj vanjskih faktora na rast šarana (*Cyprinus carpio* L.) u kaveznom uzgoju. *Ribarstvo Jugoslavije*, 2–3, 49–51.
- Ržaničanin, B., Safner, R., Treer, T. (1984b) Rezultati prvog kaveznog uzgoja šarana (*Cyprinus carpio* L.) u Vranskom jezeru kod Biograda n/m. *Ribarstvo Jugoslavije*, 2, 29–31.
- Ržaničanin, B., Treer, T., Safner, R. (1984c) Rezultati prvog kaveznog uzgoja soma (*Silurus glanis* L.) u Vranskom jezeru kod Biograda n/m. *Ribarstvo Jugoslavije*, 32–35.
- Sabioncello, I., Marko, S., Habeković, D. (1964) Ribarsko-biološka ispitivanja Vranskog jezera. *Ribarstvo Jugoslavije*, 4, 82–94.
- Schelske, C. L., Stoermer, E., F. (1971) Eutrophication, Silica Depletion, and Predicted Changes in Algal Quality in Lake Michigan. *Science*, 173, 423–424.
- Schneider, D. (1998) Taksonomske i biološke značajke populacije vijuna *Cobitis taenia* (Pisces, Cobitidae) delte Neretve. Magistarski rad, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 113.
- Schneider, D., Mustafić, P., Mrakovčić, M., Mihaljević, Z. (2000a) Some aspects of the biology of the Neretvan spined loach. *Folia Zoologica*, 49(1), 159–165.
- Simon, T.P., Sanders, R.E. (1999) Applying an Index of Biotic Integrity Based on Great- River Fish Communities: Considerations in Sampling and Interpretation. U: Simon, T.P. (Ur.): Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. CRC Press, Boca Raton, FL, str. 475–506
- Smith, V., H., (2003) Eutrophication of freshwater and marine ecosystems: a global problem. *Environ Sci Pollut Res*, 10, 126–139.
- Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., Lamers, L.P.M. (2010) How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry*, 98 (1-3), 1–7.
- Šmejkal, M., Ricard, D., Prchalová, M., Říha, M., Muška, M., Blabolil, P., Čech, M., Vašek, M., Jůza, T., Herreras, A.M., Encinad, L., Peterka, J., Kubečka, J. (2015) Biomass and abundance biases in European standard gillnet sampling. *PLOS ONE*, 10, 1–15.
- Šoljan, T. (1931) Osebujući lov jegulja iz Vranskog jezera. *Ribarski list*, 1–4, 16–18.
- Šprem, N., Matulić, D., Treer, T., Aničić, I. (2005c) A new maximum length and weight for *Scardinius erythrophthalmus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 618–619.
- Taipale, S., J., Vuorio, K., Aalto, S., L., Peltomaa, E., Tirolab M. (2019) Eutrophication reduces the nutritional value of phytoplankton in boreal lakes. *Environmental Research*, 179, Part B.

- Taler, Z. (1950) Visovačka jezerska pastrva (*Salmo visovacensis* n. sp.). Glasnik Hrvatskoga Prirodoslovnoga društva, 3, 118–158.
- Taler, Z. (1951) Mekousne. Slatkovodno ribarstvo Jugoslavije, 3, 62–64.
- Taler, Z. (1952) Pastrve Plitvičkih jezera i njihova zaštita. Ribarstvo Jugoslavije, 4, 25–27.
- Taler, Z. (1954) Krka i problem njezine zaštite. Ribarstvo Jugoslavije, 1, 23–24.
- Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Piria, M., Odak, T. (2002) The introduction of the fish from the Danube area into the Mediterranean Vransko lake, Croatia. Symposium on Inland fisheries management and the aquatic environment. The effects of fisheries management on freshwater ecosystems. Book of abstracts. Windermere, England, str. 43.
- Vukosav, P., Mlakar, M., Cukrov, N., Kwokal, Ž., Pižeta, I., Pavlus, N., Špoljarić, I., Vurnek, M., Brozinčević, A., Omanović, D. (2014) Heavy metal contents in water, sediment and fish in a karst aquatic ecosystem of the Plitvice Lakes National Park (Croatia). Environmental Science and Pollution Research, 21(5), 3826–3839.
- Vuković, T., Ivanović, B. (1971) Slatkovodne ribe Jugoslavije. Zemaljski muzej BiH, Sarajevo
- Wallace, R., B., Baumann, H., Grear, J., S., Aller, R., C., Gobler, C., J. (2014) Coastal ocean acidification: The other eutrophication problem. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 148, 1-13.
- Yang, X., Wu, X., Hao, H.-I., He, Z.-I. (2008) Mechanisms and assessment of water eutrophication. Journal of Zhejiang University, 9, 197-209.

## 5. Određivanje graničnih vrijednosti za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje

### 5.1. Granične vrijednosti pratećih fizikalno-kemijskih elemenata kakvoće

Prateći fizikalno-kemijski elementi kakvoće za Dinaridsku ekoregiju su: BPK<sub>5</sub>, KPK-Mn, nitrate, ukupni dušik, orto-fosfate i ukupni fosfor (Tablica 5.1.). Vrijednosti su prilagođene prema tipovima najbližih usporedivih prirodnih vodnih tijela, u skladu s preporukom za definiranje fizikalno-kemijskih elemenata, u kojem se sugerira najbliže usporedivo prirodno vodno tijelo ili njihova kombinacija. Preuzete su granične vrijednosti za najbližije hrvatske interkalibracijske tipove prema Miliša i sur. (2020) i Miliša (osebna komunikacija), budući da je broj referentnih postaja u ovom projektu bio mali. Granična vrijednost za dobro/umjereno ekološko stanje, u slučaju ekološkog potencijala postaje granica za dobar i bolji/umjeren. Preuzimanje granica prema najbližim tipovima prirodnih vodnih tijela ima u cilju izbjegavanja prevelikog opterećenja znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, budući da ona imaju smanjenu mogućnost samopročišćavanja.

Tipovi HR-K\_7A, HR-K\_9A i HR-K\_11 nemaju razvijena klasifikacijski sustav jer u projektu u navedenim tipovima nije obuhvaćeno niti jedno vodno tijelo. Smatramo međutim da se granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala koje su predložene za bliske tipove znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, mogu koristiti za tipove koji nisu bili obuhvaćeni ovim projektnim zadatkom, jer takvi tipovi postoje na ZPVT-ima koja nisu obuhvaćena projektnim zadatkom.

Ocjena prema fizikalno-kemijskim pokazateljima prikazana je prema medijanu i srednjim godišnjim vrijednostima (Prilog 3) pokazatelja. Obje ocjene izračunate su da bi se usporedila ova dva pristupa. Za potrebe izrade sustava ocjene ekološkog potencijala u ovom elaboratu koristile su se srednje godišnje vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja, sukladno procesu interkalibracije (Miliša i sur., 2020). U vodnim tijelima koja su analizirana u ovom projektu, ocjena prema srednjim vrijednostima fizikalno-kemijskih elemenata kakvoće rezultira nešto nižim potencijalom u par slučajeva. Ovo je vjerojatno posljedica vršnih vrijednosti koje se povremeno pojavljuju, kod većih protoka i ispiranja hranjivih soli iz okolnog tla ili drugih izvora.

**Tablica 5.1.** Predložene granične vrijednosti parametara hranjivih tvari i organske tvari za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela Dinaridske ekoregije.

	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	KPK-Mn (mg O <sub>2</sub> /L)	Nitrati (mg N/L)	Ukupni dušik (mg N/L)	Orto-fosfati (mg P/L)	Ukupni fosfor (mg P/L)
<b>HR-K_7B</b>						
<b>dobar i bolji</b>	≤ 1,9	≤ 3,1	≤ 0,9	≤ 1,4	≤ 0,1	≤ 0,13
<b>umjeren</b>	> 1,9-2,5	> 3,1-4	> 0,9-1,2	> 1,4-2,3	> 0,1-0,2	> 0,13-0,25
<b>loš</b>	> 2,5-3,1	> 4-4,8	> 1,2-1,6	> 2,3-3,1	> 0,2-0,3	> 0,25-0,37
<b>vrlo loš</b>	> 3,1	> 4,8	> 1,6	> 3,1	> 0,3	> 0,37
<b>HR-K_8A, HR-K_8B, HR-K_9B</b>						
<b>dobar i bolji</b>	≤ 2,4	≤ 3,5	≤ 0,9	≤ 1,4	≤ 0,1	≤ 0,13
<b>umjeren</b>	> 2,4-3,5	> 3,5-4,6	> 0,9-1,2	> 1,4-2,3	> 0,1-0,2	> 0,13-0,25
<b>loš</b>	> 3,5-3,9	> 4,6-5,8	> 1,2-1,6	> 2,3-3,1	> 0,2-0,3	> 0,25-0,37
<b>vrlo loš</b>	> 3,9	> 5,8	> 1,6	> 3,1	> 0,3	> 0,37
<b>HR-K_10, HR-K_12</b>						
<b>dobar i bolji</b>	≤ 1,9	≤ 4,0	≤ 0,9	≤ 1,4	≤ 0,1	≤ 0,13
<b>umjeren</b>	> 1,9-3,4	> 4,0-5,5	> 0,9-1,2	> 1,4-2,3	> 0,1-0,2	> 0,13-0,25
<b>loš</b>	> 2,9-3,4	> 5,5-5,9	> 1,2-1,6	> 2,3-3,1	> 0,2-0,3	> 0,25-0,37
<b>vrlo loš</b>	> 3,4	> 6,9	> 1,6	> 3,1	> 0,3	> 0,37
<b>HR-K_13A, HR-K_13B</b>						
<b>dobar i bolji</b>	≤ 2,4	≤ 3,5	≤ 0,9	≤ 1,4	≤ 0,1	≤ 0,13
<b>umjeren</b>	> 2,4-3,5	> 3,5-4,6	> 0,9-1,2	> 1,4-2,3	> 0,1-0,2	> 0,13-0,25
<b>loš</b>	> 3,5-3,9	> 4,6-5,8	> 1,2-1,6	> 2,3-3,1	> 0,2-0,3	> 0,25-0,37
<b>vrlo loš</b>	> 3,9	> 5,8	> 1,6	> 3,1	> 0,3	> 0,37

Tipovi HR-K\_7A, HR-K\_9A i HR-K\_11 nemaju razvijena klasifikacijski sustav jer u projektu u navedenim tipovima nije obuhvaćeno niti jedno vodno tijelo.

## Literatura:

Miliša, M. i sur. (2020) Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske primorske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće, 367 str.



## **6. Ekološki potencijal znatno promijenjenih i umjetnih površinskih voda - tekućica Dinaridske ekoregije**

U Tablici 6.1. prikazana je usporedba ocjena ekološkog potencijala prema predloženim sustavima za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela analizirana u ovom projektu. Ukupnu ocjenu ekološkog potencijala određuje onaj biološki element koji ukazuje na najlošiji ekološki potencijal.

Za pojedine biološke elemente kakvoće nije bilo moguće dati ocjenu ekološkog potencijala, primjerice u pojedinim vodnim tijelima nisu zabilježene ribe ili makrofita. Na pojedinim postajama je to posljedica hidromorfoloških promjena te se u tim slučajevima treba razmisliti o mjerama ublažavanja. Posebno treba razmotriti vodna tijela u kojima se bilježe bočati uvjeti (Tablica 6.1.) i primjerenost sustava razvijenog u ovom projektu za ta vodna tijela.

**Tablica 6.1.** Ocjena ekološkog potencijala (EP) za vodna tijela znatno promijenjenih i umjetnih površinskih voda – Tekućica Dinaridske ekoregije prema projektnom zadatku. Sivom bojom su označene postaje na kojima su izgrađeni objekti i postrojenja HEP-Proizvodnje d.o.o.; zvjezdicom su označene postaje koje prema fizikalno-kemijskim i biološkim pokazateljima spadaju u bočate vode.

Grupa	Tip	Vodno tijelo	Biološki element kakvoće								Ekološki potencijal
			Makrofiti		Ribe		Fitobentos		Makrozoobentos		
			EP	Ocjena	EP	Ocjena	EP	Ocjena	EP	Ocjena	
1	7B	Curak, nakon HE Munjara	0,77	Dobar i bolji	1	Dobar i bolji	0,93	Dobar i bolji	0,97	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Curak, D. Ložac	0,99	Dobar i bolji	1	Dobar i bolji	1,08	Dobar i bolji	0,87	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Ličanka, Fužine	(0,69)	(Dobar i bolji)	0,52	Umjeren	0,37	Loš	0,50	Umjeren	Loš
		Ličanka, ispod CHE Fužine			0,76	Dobar i bolji	0,62	Dobar i bolji	(0,34)	(Loš)	Dobar i bolji
		Odvodno preljevni kanal Botonege, Senjska vala	0,83	Dobar i bolji	0,65	Dobar i bolji	0,93	Dobar i bolji	0,65	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Kanal Kostanjevica, prije ak. Bajer					0,76	Dobar i bolji	(0,46)	(Umjeren)	Dobar i bolji
		Dubračina, Tribalj - Ričina	(0,79)	(Dobar i bolji)	1	Dobar i bolji	0,83	Dobar i bolji	0,65	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Obuhvatni kanal Mufrin, prije ušća u Mirnu	0,81	Dobar i bolji	0,5	Umjeren	0,75	Dobar i bolji	0,42	Umjeren	Umjeren
		Obuhvatni kanal Bastija, Ponte Porton	0,49	Umjeren	0,09	Vrlo loš	0,71	Dobar i bolji	0,20	Loš	Vrlo loš
Dubračina, Tribalj - HE Vinodol	(0,57)	(Umjeren)	1	Dobar i bolji	0,94	Dobar i bolji	0,68	Dobar i bolji	Dobar i bolji		
2	8A	Kanal Gacka, južno od Otočca	(0,77)	(Dobar i bolji)	0,66	Dobar i bolji	0,82	Dobar i bolji	0,60	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Raša, Most Raša	0,20	Loš	0,27	Loš	0,76	Dobar i bolji	0,25	Loš	Loš
		Mirna, Sovinjak-Minjera	0,25	Loš	0,65	Dobar i bolji	0,7	Dobar i bolji	0,78	Dobar i bolji	Loš
		Butižnica, prije ak. Golubić	0,85	Dobar i bolji	1	Dobar i bolji	1,11	Dobar i bolji	0,97	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Mirna, uzv. od Buzeta, kod Istarskog vodovoda	0,22	Loš	0,5	Umjeren	0,72	Dobar i bolji	0,29	Loš	Loš
		Boljunčica, r. Letaj					0,74	Dobar i bolji	0,02	Vrlo loš	Vrlo loš
	9B	Krka, Gradina	0,98	Dobar i bolji			1	Dobar i bolji	0,67	Dobar i bolji	Dobar i bolji
3	10	Zvizda, gornji tok	0,95	Dobar i bolji			1,28	Dobar i bolji	1,04	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Krbunski potok	0,20	Loš	0,67	Dobar i bolji	1,2	Dobar i bolji	0,74	Dobar i bolji	Loš
		Vlaški potok (Posert)	0,49	Umjeren	0,67	Dobar i bolji	1,22	Dobar i bolji	0,54	Umjeren	Umjeren
		Obuhvatni kanal Krapanj, Podlabin					0,98	Dobar i bolji	0,63	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu*	0,20	Loš					1,09	Dobar i bolji	Loš
		Lepenica, prije ak. Lepenica					0,56	Umjeren	0,54	Umjeren	Umjeren
	12	Lika, Selište	(0,41)	(Umjeren)	0,28	Loš	0,8	Dobar i bolji	0,88	Dobar i bolji	Loš

			Biološki element kakvoće								Ekološki potencijal
Grupa	Tip	Vodno tijelo	Makrofiti		Ribe		Fitobentos		Makrozoobentos		
			EP	Ocjena	EP	Ocjena	EP	Ocjena	EP	Ocjena	
		Kupa, nakon HE Ozalj	0,67	Dobar i bolji			0,73	Dobar i bolji	0,64	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Zvizda, prije ušća u Cetinu			0,79	Dobar i bolji					Dobar i bolji
		Cetina, kod Zakučca	(0,83)	Dobar i bolji			0,79	Dobar i bolji	(0,49)	(Umjeren)	Dobar i bolji
		Ričica, nakon utoka Opsenice	0,76	Dobar i bolji	0,48	Umjeren	0,83	Dobar i bolji	0,76	Dobar i bolji	Umjeren
		Rječina, HE Rijeka	0,20	Loš	0,69	Dobar i bolji	1,12	Dobar i bolji	0,28	Loš	Loš
4	13A	Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu	(0,92)	(Dobar i bolji)	1	Dobar i bolji	0,98	Dobar i bolji	0,99	Dobar i bolji	Dobar i bolji
		Gusić, Otočac	(0,74)	(Dobar i bolji)	0,68	Dobar i bolji	0,93	Dobar i bolji	(0,46)	(Umjeren)	Dobar i bolji
		Gusić, prije ak. Gusić	(1,00)	(Dobar i bolji)	0,21	Loš	0,88	Dobar i bolji	0,78	Dobar i bolji	Loš
	13B	Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša*	0,31	Loš			0,32	Loš	0,84	Dobar i bolji	Loš
		Obuhvatni kanal br. 5, kod Most-Raša	0,40	Umjeren			0,81	Dobar i bolji	0,53	Umjeren	Umjeren
		Vrbica		Vrlo loš			0,53	Umjeren	0,64	Dobar i bolji	Vrlo loš
		Obuhvatni kanal br. 3, prije ušća u Mirnu	0,20	Loš			0,76	Dobar i bolji	0,47	Umjeren	Loš
		GOK-2, Milanovići (kod Cetine)	0,91	Dobar i bolji	0	Vrlo loš	1,02	Dobar i bolji	0,83	Dobar i bolji	Vrlo loš

## 7. Zaključak

U ovom projektu razvijene su metode za ocjenu ekološkog potencijala s obzirom na biološke elemente kakvoće (fitobentos, makrofita, makrozoobentos i ribe) u tekućicama Dinaridske ekoregije te kao dodatni zadatak projekta za ribe u stajaćicama Dinaridske ekoregije. Za svaki biološki element uspostavljene su operativne liste svojti, razrađena je metodologija uzorkovanja i laboratorijske obrate, a provedeno je i ocijenjivanje ekološkog stanja temeljem sustava za prirodna vodna tijela. Nakon toga je razvijena tipologija znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela te je za pojedine biološke elemente kakvoće razvijen sustav ocjene ekološkog potencijala.

Prilikom razvoja sustava klasifikacije ekološkog potencijala, u obzir su uzeti sustavi ocjene najslabijih prirodnih vodnih tijela pri čemu su korištene iste metrike ili su, ovisno o odgovoru na specifične pritiske, pridodane metrike koje koreliraju s hidromorfološkim ocjenama ili fizikalno-kemijskim parametrima, odnosno koje odgovaraju na gradijente ekoloških uvjeta. Za tipove prirodnih vodnih tijela, koji su bili uključeni u proces interkalibracije, te pripadaju pojedinim interkalibracijskim grupama, testirane su metrike koje su generirane interkalibracijom.

Tijekom ovog projekta postojao je relativno mali broj vodnih tijela tekućica u pojedinim tipovima znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela. U projektnom zadatku predviđeno je uzorkovanje na 60 postaja, ali je dio postaja izuzet iz plana uzorkovanja te su terenska istraživanja provedena na 49 postaja. Od tih postaja, dio je bio nedostupan ili suh tijekom većeg dijela godine te se na kraju raspolagalo setom od 30 do 40 postaja, ovisno o biološkom elementu kakvoće. Da bi se imala dovoljno velika i relevantna baza bioloških podataka, izabrane su dodatne postaje iz programa monitoringa tekućica, a kojima je svojstven značajan antropogeni pritisak. Pri razvoju sustava koristio se mahom referentni pristup te su definirane referentne postaje za grupe tipova vodnih tijela, korištenjem granica ocjena hidromorfologije i fizikalno-kemijskih uvjeta, a sukladno interkalibracijskim granicama unutar Mediteranske geografske regije.

Ocjena ekološkog potencijala prema makrozoobentosu temeljila se na izračunu dva modula: modula Saprobnosti i modula Opće degradacije, sukladno ocjenama ekološkog stanja. Testirane su metrike koje se koriste za najslabiji tip prirodnih vodnih tijela te metrike koje su dale najbolji odgovor zajednice na zabilježene gradijente hidromorfoloških promjena i koncentracija hranjivih soli te organske tvari. Uklanjanjem redundantnih metrika, razvijeni su milimetrički indeksi za modul Opće degradacije, dok je za modul Saprobnosti predložen Hrvatski saprobni indeks. OEK-a modula Opće degradacije statistički je značajno koreliran s ocjenama morfologije. Razvijeni sustav daje nešto blažu ocjenu tj. kategoriju u odnosu na sukladnu ocjenu ekološkog stanja te je prilagođen specifičnostima pojedinih grupa znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela.

Zbog posebnosti pojedinih površinskih vodnih tijela na kojima su izgrađene hidroelektrane HEP Proizvodnje d.o.o. evidentni su uvjeti koji sprečavaju nastajanje stabilne zajednice makrobekralježnjaka, a koji proizlaze iz njihove namjene i/ili održavanja. Takvi uvjeti obuhvaćaju korita od umjetnih materijala, temperaturni stres, presušivanje te hidrološki stres u vidu vršnih protoka i/ili dvosmjernog toka vode. Makrozoobentos koji je detektiran na tim vodnim tijelima uglavnom je indiciralo ekološki potencijal kategorija umjeren ili loš, budući da se sastojao od osiromašenih zajednica s niskom raznolikošću. Ovaj BEK nije se uzeo u obzir pri ocjeni ekološkog potencijala na tim postajama, ali se predlaže njegovo uzorkovanje u sklopu monitoringa na tim postajama. Eventualno uzorkovanje prije stresnih uvjeta na ovim ZPVT/UVT mogao bi pokazati ekološki potencijal više kategorije te je tako preporučeno u metodologiji uzorkovanja. Postaje na kojima makrozoobentos nije uzet u obzir pri konačnoj ocjeni ekološkog potencijala su: Ličanka, ispod CHE Fužine, Kanal Kostanjevica, prije akumulacije Bajer, Gusić, Otočac i Cetina, kod Zakučca.

Za ocjenu ekološkog potencijala temeljem fitobentosa korišten je Trofički indeks dijatomeja (TDI<sub>HR</sub>). Isti je testiran kroz tri različita pristupa. Prvi pristup temeljio se na preuzimanju sustava ocjene omjera ekološke kakvoće za prirodne tekućice prema interkalibracijskim grupama unutar Mediteranske geografske regije. Drugi pristup temeljio se na primjeni principa koji je korišten i za sustave za ocjenu prirodnih tekućica, a treći pristup je išao preko postavljanja strožih granica kategorija. Kao najutemeljeniji je izabran sustav koji se temelji na ocjeni ekološkog potencijala na temelju ekološkog stanja za prirodna vodna tijela, jer pokazuje statistički značajan odgovor metrike na soli dušika i fosfora kao najbitnijih okolišnih pritisaka za biološki element kakvoće fitobentos.

Sustav za ocjenu ekološkog potencijala temeljem makrofita koristi referentni indeks (RI), koji se transformira u OEK, s jednakim sustavom referentnih zajednica koje su opisane i za prirodne tekućice. Indeks uključuje tri indikatorske grupe makrofita i njihove abundancije. OEK je pokazao statistički značajnu korelaciju s fizikalno-kemijskim čimbenicima, ocjenom morfoloških uvjeta te namjenom zemljišnog pokrova, potvrdivši osjetljivost makrofita na pritiske u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima. Granične vrijednosti kategorija ekološkog potencijala postavljene su u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama i u načelu su blaže od graničnih vrijednosti za prirodne tekućice. Postaje ocijenjene dobrim i boljim ekološkim potencijalom predstavljaju heterogenu grupu od postaja s raznolikim zajednicama i vrstama koje indiciraju oligotrofne vode, do onih više ili manje osiromašenih, ali s ipak zadržanom strukturom vegetacije.

Dovodne i odvodne kanale hidrocentrala s popločenim ili betoniranim koritima, koji su u trenutku uzorkovanja imali razvijenu makrofitsku vegetaciju te je ona uzorkovana u ovom projektu, moguće je izuzeti kao biološki element kakvoće kod budućeg redovitog praćenja ekološkog potencijala. Propisi o njihovom održavanju zahtijevaju redovno čišćenje što onemogućuje postojanje stabilnih makrofitskih zajednica uanoč tome što se epizodno mogu razviti i ukazivati na različite stupnjeve ekološkog potencijala. Iz navedenih razloga, ocjene ekološkog potencijala na temelju makrofita ne uzimaju se u obzir za slijedeće postaje: Dubračina, Tribalj – Ričina, Dubračina, Tribalj - HE Vinodol, Lika, Selište, Cetina, kod

Zakučca, Gusić, prije ak, Gusić, Gusić, Otočac, Ličanka, Fužine, Kanal Gacka, južno od Otočca i Odvodni kanal HE Golubić, prije utoka u Butižnicu.

Ekološki potencijal na temelju riba za umjetne i znatno promijenjene tekućice (HRIuT) je multimetrijski indeks, koji objedinjuje odgovore na više pritisaka. Pritisci koji imaju najznačajniji utjecaj na ihtiofaunu malih i srednje velikih znatno promijenjenih tekućica identificirani su poremećaji uzdužne povezanosti i povišenje kemijske potrošnje kisika. Uslijed promijenjenih uvjeta i destabilizacija ribljih zajednica, i na ovim je lokalitetima došlo do pojave i širenja stranih vrsta, a na nekim lokalitetima njihove su populacije izuzetno guste. Na znatno promijenjenim povremenim tekućica, znatno promijenjenih tekućica s velikim promjenama protoka i umjetnim tekućicama osim stranih vrsta, prijetnje ribljim zajednicama predstavljaju poremećaji uzdužne povezanosti, odnosno fragmentacija staništa, povećanje kemijske potrošnje kisika, ali i povećanje koncentracije nitrata, što možemo povezati s prisutnošću izvora onečišćenja i/ili pojačanom eutrofikacijom.

Ekološki potencijal umjetnih i znatno promijenjenih stajaćice temeljen na ribama (HRIuS) je multimetrijski indeks, razvijen na osnovu ribljih metrika koje su pokazale značajan odgovor na pojedini pritisak, ali nisu u međusobnoj interkoleraciji. U analizi biološkog elementa kakvoće ribe novorazvijeni sustav za umjetne i znatno promijenjene stajaćice Dinaridske ekoregije ukazao je na veliku izmijenjenost ihtiocenoza tih stajaćica i njihov pretežn loš i vrlo loš ekološki potencijal. Kao pritisak je prepoznat i značajan udio invazivnih vrsta, pri čemu su u nekim stajaćicama prisutne isključivo strane vrste riba. Smatramo da pojava invazivnih vrsta u akumulacijama Dinaridske ekoregije nije posljedica njihovog prirodnog širenja i naseljavanja staništa na kojima su promijenjeni uvjeti već su isključivo uneseni namjernim poribljavanjem. Utjecaj unesenih stranih vrsta na autohtonu ihtiofaunu, među kojima su i mnoge endemske vrste, izuzetno je velik te smatramo da su upravo strane vrste jedan od glavnih uzroka smanjenja gustoća populacija, pa čak i izumiranja nativnih vrsta u krškim vodotocima Hrvatske. Promjena stanišnih uvjeta olakšava naseljavanje stranim vrstama i potiče stvaranje njihovih stabilnih populacija, s obzirom da strane vrste znatno bolje iskorištavaju promijenjene stanišne uvjete no što je to slučaj s nativnim vrstama, za koje promijenjeni uvjeti uglavnom nisu optimalni. Umjetne i znatno promijenjene stajaćice Dinaridske ekoregije možemo smatrati centrima razvoja populacija, a sigurno i širenja stranih vrsta riba čak i u prirodne vodotoke.

U konačnoj ocjeni ekološkog potencijala temeljem bioloških elemenata kakvoće, uočeno je da fitobentos ukazuje na najviši ekološki potencijal, dok makrofiti daju najstrožiju ocjenu. Ovo odražava osjetljivost makrofita na podlogu, koja je u dijelu vodnih tijela istraživanih u ovom projektu značajno promijenjena, bilo da se radi o betoniranju dna i/ili obala i promjeni nagiba obala.

Na pojedinim postajama zabilježena je vrlo visoka električna vodljivost ( $\geq 9000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) i visoke koncentracije klorida, što indicira brakične uvjete. Biološke elementi kakvoće potvrdili su takve uvjete, posebice makrofita i makrozoobentos, te je prijedlog da se postaje Obuhvatni kanal Krapanj, prije ušća u Rašu i Obuhvatni kanal br. 2, Most Raša ubuduće izuzmu iz

evaluacije putem bioloških elemenata kakvoće površinskih kopnenih voda i razmotri njihova kategorizacija kao prijelaznih voda. Za postaje Cetina, kod Zakučca i Rječina, HE Rijeka predlažemo provesti dodatna istraživanja u svrhu detekcije boćatih uvjeta, odnosno razmjera utjecaja morske vode, jer su na tim postajama nađene i eurihaline svojte, ali i slatkovodna biota.

Jedan od ciljeva projekta bio je dati granične vrijednosti prateći fizikalno-kemijski elemenata kakvoće. Granične vrijednosti za kategorije ekološkog potencijala definirane su za pokazatelje organskog onečišćenja: KPK i BPK<sub>5</sub> te hranjive tvari: nitrate, ukupni dušik, orto-fosfate i ukupni fosfor, pri čemu su uzete vrijednosti koje odgovaraju usporedivim tipovima prirodnih vodnih tijela. Naime, iako u znatno promijenjenim i umjetnim vodnim tijelima upravo hidromorfološke promjene utječu na dinamiku hranjivih soli i organske tvari te procese razgradnje, ovakav sustav ima u cilju izbjegavanje prevelikog opterećenja znatno promijenjenih i umjetnih vodnih tijela, budući da ona imaju i smanjenu mogućnost samopročišćavanja.

## 8. Prilozi

Prilog 1. Granične vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela Dinaridske ekoregije.

Prilog 2. Granične vrijednosti bioloških pokazatelja za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela Dinaridske ekoregije.

Prilog 3. Završna tablica ocjene ekološkog potencijala na osnovu fizikalno-kemijskih pokazatelja, bioloških elemenata kakvoće i hidromorfoloških pokazatelja.

Prilog 4. Baza podataka svih bioloških elemenata kakvoće za sve postaje korištene u ovom elaboratu.

Prilog 5. Operativna lista svojti makrozoobentosa.

Prilog 6. Operativna lista svojti dijatomeja u fitobentosu rijeka i jezera.

Prilog 7. Indikatorske vrste makrofita prema zajednicama.

Prilog 8. Terenski protokoli ZPVT\_UVT\_makrozoobentos.

Prilog 9. Terenski protokoli ZPVT\_UVT\_fitobentos.

Prilog 10. Terenski protokoli ZPVT\_UVT\_ribe.

Prilog 11. Terenske bilješke ZPVT\_UVT\_makrofita.

Prilog 12. Fotografije s terenskih izlazaka za uzorkovanje makrozoobentosa i fitobentosa.

Prilog 13. Fotografije s terenskih izlazaka za uzorkovanje makrofita.

Prilog 14. Fotografije s terenskih izlazaka za uzorkovanje riba.

Prilog 15. Korelacije fizikalno-kemijskih parametara i ocjena hidromorfološkog potencijala s metrikama makrozoobentosa.

Prilog 16. Izračun omjera ekološke kakvoće za sva tri prisupa korištena za fitobentos.

Prilog 17. Izračun indeksa za biološki element kakvoće ribe.

NAPOMENA: Svi prilozi su u elektronskom obliku na priloženom USB-u.





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

**Biološki odsjek**

HRVATSKE VODE - 374

Primljeno:	16.02.2023. 09:17:33
Klasifikacijska oznaka	Org. jed.
325-01/17-10/0000167	374-1-2/256
Urudžbeni broj:	Prilog
380-23-44	1-2



078283325

Hrvatske vode  
Sektor razvitka  
Ulica grada Vukovara 220  
10 000 Zagreb

Prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

**PREDMET:** Dopuna elaborate "Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije"

U sklopu projekta "Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije", Ev. br. ugovora: 10-011/18, Klasa: 325-01/17-10/167, Ur. broj: 374-1-2-18-10, razvijene su metode za ocjenu ekološkog potencijala s obzirom na biološke elemente kakvoće (fitobentos, makrofitna, makrozoobentos i ribe) u tekućicama Dinaridske ekoregije.

U formuli omjera ekološke kakvoće za modul Opće degradacije na osnovu biološkog elementa kakvoće makrozoobentos koristi se i indeks riječne faune (RFI) u dvije grupe umjetnih i znatno promijenjenih vodnih tijela (Grupa 1 i Grupa 4). Navedeni indeks prikladan je za umjetna i znatno promijenjena vodna tijela, budući da su njihove hidromorfološke značajke uslijed namjene znatno promijenjene u odnosu na prirodno stanje, a indeks je baziran upravo na odgovorima pojedinih svojiti na hidromorfološku degradaciju.

U elaboratu nedostaje objašnjenje da je za pojedine tipove umjetnih i znatno promijenjenih vodnih tijela, odnosno njihove pripadajuće tipove prirodnih vodnih tijela, a koji nisu bili uključeni u interkalibracijski postupak (Miliša i sur. 2020.), indeks riječne faune (RFI) računat prema proceduri za interkalibracijske tipove R-M1 i R-M2. Takav izračun, dakle, uključuje sljedeće tipove umjetnih i znatno promijenjenih vodnih tijela: HR-K\_7B, HR-K\_13A i HR-K\_13B, čak i ako ishodišni prirodni tip tekućica nije bio uključen u interkalibracijski postupak. Parametri indeksa riječne faune (indikatorske vrijednosti pojedinih svojiti  $R_{fi}$  i hidromorfološka indikatorska težina  $HW_i$ ) potrebni za izračun navedeni su u elaboratu Miliša i sur. (2020.) u tablici 7.1.3.

Literatura: Miliša, M. i sur. (2020) Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofitna i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske primorske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće, 367 str.

Voditeljica projekta:

Prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija



Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, Tel: +385 (0)1 4877 700, Fax: +385 (0)1 4826 260, Email: uredbo@biol.pmf.hr,  
Web: www.pmf.unizg.hr/biol, OIB: 28163265527, IBAN: HR5823500001101522208