

# HRVATSKE VODE

## SEKTOR RAZVITKA

2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
Horvatovac 102a, Zagreb

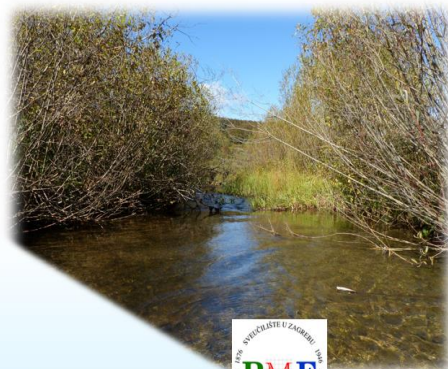


ANALIZA BIOLOŠKIH METODA OCJENE EKOLOŠKOG STANJA ZA FITOBENTOS, MAKROFITI I MAKROZOOBENTOS U EUROPSKIM INTERKALIBRACIJSKIM TIPOVIMA RIJEKA PANONSKE EKOREGIJE

Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće



Analiza biološke metode za ribe u vrlo velikim rijekama; analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI  
FAKULTET  
Horvatovac 102a, Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
Horvatovac 102a, Zagreb



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



PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
BIOLOŠKI ODSJEK  
Horvatovac 102a, Zagreb



EKO MONITORING d.o.o.  
Kućanska 15, Varaždin



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



## PLAN UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2022. – 2027.

### Prateća dokumentacija

## KLASIFIKACIJSKI SUSTAVI BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE U VRLO VELIKIM RIJEKAMA I U INTERKALIBRACIJSKIM TIPOVIMA ZA KOJE NIJE PROVEDEN INTERKALIBRACIJSKI POSTUPAK



## Sadržaj

1	Polazište i pravna osnova .....	1
2	Prijedlog novog multimetričkog indeksa (MMI) opće degradacije za makrozoobentos u vrlo velikim rijekama.....	3
2.1	Novi multimetrički indeks (MMI).....	3
2.2	Literatura .....	7
3	Prikaz revidirane biološke metode ocjene ekološkog stanja za ribe u vrlo velikim rijekama .....	9
3.1	Pokazatelji za ocjenu ekološkog stanja .....	9
3.2	Referentne i najlošije vrijednosti pokazatelja ekološkog stanja .....	9
3.3	Izračun omjera ekološke kakvoće (oek) .....	9
3.4	Granice klasa .....	10
3.5	Opis bioloških zajednica u vrlo dobrom, dobrom i umjerenom stanju.....	10
3.6	Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa .....	11
3.7	Literatura .....	14
4	Metodologija ocjene ekološkog stanja tekućica temeljem biološkog elementa makrofita za interkalibracijske tipove za koje nije proveden post-interkalibracijski postupak usklađenja.....	22
4.1	Uvod .....	22
4.2	Opis metode za određivanje ekološke kakvoće na temelju makrofita .....	23
4.3	Referentni uvjeti.....	25
4.4	Granice klasa .....	25
4.5	Detektirani pritisci .....	26
4.6	Provjera usklađenosti s ODV .....	28
4.7	Ujednačavanje granica klasa .....	28
4.8	Zaključak .....	29
4.9	Literatura .....	30
5	Metodologija ocjene ekološkog stanja tekućica temeljem biološkog elementa makrofita za tip R-M5 za koji nije proveden post-interkalibracijski postupak usklađenja.....	31
5.1	Uvod .....	31
5.2	Opis metode za određivanje ekološke kakvoće na temelju makrofita .....	32
5.3	Referentni uvjeti.....	33
5.4	Granice klasa .....	34
5.5	Detektirani pritisci .....	35
5.6	Provjera usklađenosti s ODV .....	36
5.7	Ujednačavanje granica klasa transformacijama.....	36
5.8	Zaključak .....	37
5.9	Literatura .....	38

6	Prijedlog novog sustava izračuna omjera ekološke kakvoće temeljem biološkog elementa makrozoobentos za interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8 EC GIG-a koje nije moguće interkalibrirati.....	39
6.1	Uvod .....	39
6.2	Prijedlog novog sustava ocjene za tipove R-EX7 i R-EX8 .....	42
6.3	Prijedlog novog indeksa opće degradacije .....	42
6.4	Podudarnost s interkalibracijskim procesom .....	52
6.5	Opis zajednica makrozoobentosa .....	53
6.6	Literatura .....	54

## Podaci o dokumentu

Naslov:	Metodologija izračuna omjera ekološke kakvoće temeljem bioloških elemenata makrofita i makrozoobentosa za interkalibracijske tipove za koje nije proveden interkalibracijski postupak
Izdanje:	Hrvatske vode
Datum:	ožujak 2022.
Autor:	Hrvatske vode, Sektor razvitka
Objava:	Hrvatske vode, Sektor razvitka

### Izvadak iz studija:

Alegro, A., Mihaljević, Z., Gligora Udovič, M. 2019. / 2020. Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Panonske ekoregije, Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće. Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Miliša, M., Alegro, A., Gligora Udovič, M. 2019. / 2020. Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za fitobentos, makrofita i makrozoobentos u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Dinaridske ekoregije, Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće. Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Mihaljević, Z., Urbanič, G., Antić Žiger, H., Šoltić, I. 2016. Utvrđivanje odnosa između antropogenog opterećenja i modula opće degradacije prema makrozoobentosu u vrlo velikim rijekama. Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, EKO MONITORING d.o.o. Varaždin

Buj, I., Marčić, Z., Mustafić, P., Zanella, D., Ivić, L., Pleše, S. 2022. Analiza biološke metode za ribe u vrlo velikim rijekama; analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja. Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.



## 1 Polazište i pravna osnova

Plan upravljanja vodnim područjima (2022. - 2027.) izrađen je na temelju Zakona o vodama (Narodne novine, br. 66/19 i 84/21) kojima su propisani: Planski dokumenti upravljanja vodama (članak 37.), Plan upravljanja vodnim područjima (članak 39.) i Plan upravljanja rizicima od poplava (članak 127.). Dokument je novela drugog Plana upravljanja vodnim područjima (Narodne novine, broj 66/16) kojeg je Vlada Republike Hrvatske donijela 6. lipnja 2016. godine za plansko razdoblje od 2016. do 2021. godine.

Struktura dokumenta usklađena je s odredbom iz članka 127. Zakona o vodama kojom je propisano da je sastavni dio Plana upravljanja vodnim područjima i Plan upravljanja rizicima od poplava, te s odredbama Pravilnika o sadržaju plana upravljanja vodnim područjima (Narodne novine, br. 74/13, 53/16 i 64/18). S time u svezi Plan upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027. se sastoji od dvije komponente upravljanja vodnim područjima:

- **Upravljanje stanjem voda**, sadržajno usklađena s odredbama članka 39. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 13. i dodatka VII. Direktive 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (SL L 327, 22. 12. 2000.) - Poglavlje B.
- **Upravljanje rizicima od poplava**, sadržajno usklađena s odredbama članka 127. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 7. i Dodatka Direktive 2007/60/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (Tekst značajan za EGP) (SL L 288, 6.11.2007.) - Poglavlje C.

Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027. su izradile Hrvatske vode u suradnji s mnogim znanstvenim i stručnim institucijama i specijaliziranim tvrtkama koje su pripremale stručne podloge, polazeći od drugog Plana upravljanja vodnim područjima (2016. - 2021. godina), strateških odrednica iz Strategije upravljanja vodama (Narodne novine, broj 91/08), te zaključaka sa četiri bilateralna sastanka predstavnika hrvatskih nadležnih institucija s predstavnicima Europske komisije i komunikacije s Europskom komisijom putem takozvanog „Pilot sustava“.

Ograničen opseg podataka prilikom pripreme Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. dijelom je utjecao na smanjenje pouzdanosti tadašnje procjene stanja voda, analize opterećenja i utjecaja, te praćenja učinka provedenih mjera. Radi toga je u razdoblju od 2016. do 2021. godine intenziviran monitoring stanja voda prema Programu usklađenja monitoringa objavljenom u travnju 2016. godine, do razine neophodne za učinkovito i vjerodostojno upravljanje vodama te je intenziviran rad na daljnjoj pripremi znanstvenih i stručnih podloga, sve sa ciljem osiguranja što kvalitetnije podatkovne osnovice za pripremu Plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027. Programom usklađenja monitoringa je predviđeno unaprjeđenje organizacije provedbe monitoringa s tendencijom jačanja laboratorijskih kapaciteta uz dodatna ulaganja u prostor, opremu i kadrove, što se postupno provodi.

Veliki doprinos kvaliteti Plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027. je provedena interkalibracija klasifikacijskih sustava površinskih kopnenih, prijelaznih i priobalnih voda koja je kroz suradnju hrvatskih biologa s recenzentima određenim od strane Europske komisije dovršena potkraj 2021. godine.

U ovom dokumentu navode se klasifikacijski sustavi za makrozoobentos i ribe u vrlo velikim rijekama, za koje je provedena interkalibracija u okviru interkalibracijskog procesa za vrlo velike rijeke (X-GIG),

koji je za makrozoobentos dovršen 2016. godine, a za ribe 2022. godine. Navode se i klasifikacijski sustavi za makrofita i makrozoobentos za zajedničke interkalibracijske tipove za koje nije proveden interkalibracijski postupak. Za njih su razvijene metode koje su usklađene s normativnim definicijama ODV te daju odgovor na odgovarajuće opterećenje.



## 2 Prijedlog novog multimetričkog indeksa (MMI) opće degradacije za makrozoobentos u vrlo velikim rijekama

### 2.1 Novi multimetrički indeks (MMI)

Novi multimetrički indeks opće degradacije izračunava se prema sljedećoj formuli:

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

Gdje je :

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

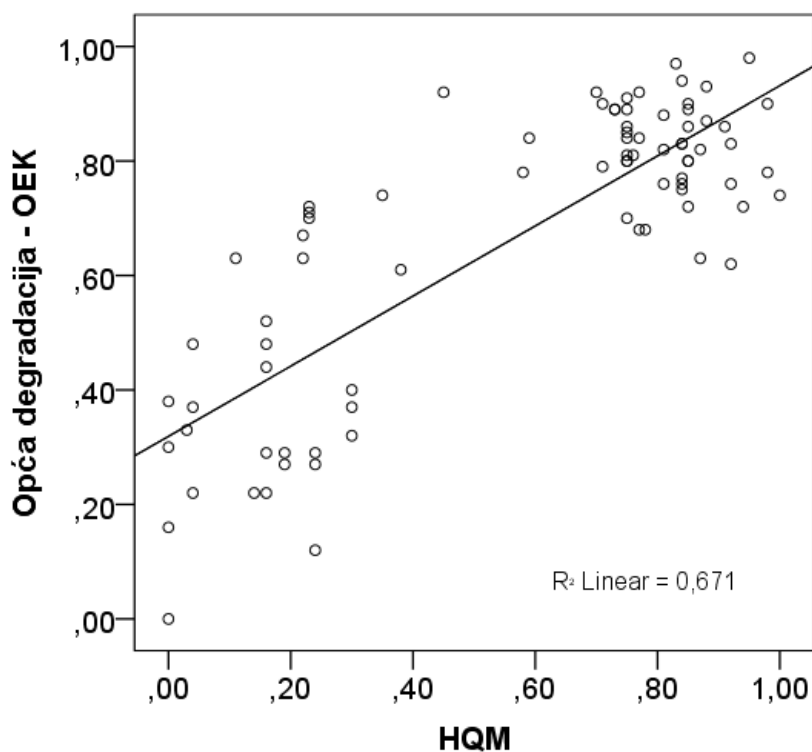
RFI<sub>VR</sub> – indeks riječne faune velikih rijeka

Za obje metrike koje su uključene u multimetrički indeks opće degradacije (MMIOpDeg), utvrđene su najbolje statistički značajne korelacije sa hidromorfološkim parametrima (Spearmanova korelacija > 0,6) (Tablica 1). Najbolji odnos metrika utvrdili smo s indeksom hidrološke promijenjenosti (HLM), indeksom hidromorfološke promijenjenosti (HMM) i indeksom hidromorfoloke kakvoće i promijenjenosti (HQM). Dobro objašnjen odnos ( $R^2 = 0,67$ ) između indeksa HQM i MMIOpDeg prikazan je na Slici 1. Dobre i statistički značajne korelacije utvrđene su između metrika koje grade multimetrički indeks opće degradacije te pojedinih parametara zemljišnog pokrova i pojedinih fizikalno-kemijskih parametara. No, ipak su međusobni odnosi bili suprotni od očekivanih. Tako je npr. odnos između MMIOpDeg i prirodnog zemljišnog pokrova negativan, što drugim riječima znači, da kod najboljeg ekološkog stanja bilježimo najmanji udio prirodnog zemljišnog pokrova. Slični odnos je utvrđen i između MMIOpDeg i pojedinih fizikalno-kemijskih parametra (elektrovodljivosti, KPK, ukupnog dušika, ortofosfata; Spearmanova korelacija  $\geq 0,5$ ,  $p < 0,01$ ). Navedeno ukazuje, da je od svih testiranih pritisaka, hidromorfološki pritisak dominantan te da novi indeks Opće degradacije najvećim dijelom ukazuje na utjecaj hidromorfoloških promjena na zajednicu makrozoobentosa, te da je utjecaj drugih pritisaka znatno manji. Gradijenti opterećenja ostalih grupa pritisaka su znatno manji od hidromorfološkog gradijenta, zbog čega je i njihov utjecaj na zajednicu očekivano manji.

**Tablica 1.** Korelacija (Spearman) između novog indeksa opće degradacije (MMI\_OpDeg), izabranih metrika i pojedinih pritisaka. RFI\_VR – indeks riječne faune za velike rijeke, ALP100 – udio svojti koje preferiraju Akal+Lital+Psamal supstrat (100%), \*\*-  $p < 0,01$ , \*-  $p < 0,05$ .

Parametri	kratica	MMI_OpDeg	RFI_VR	ALP100
Hidromorfološki	Indeks hidrološke promijenjenosti (HLM)	0,727**	0,683**	0,730**
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke promijenjenosti (HMM)	0,654**	0,646**	0,634**
Hidromorfološki	Indeks hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM)	0,647**	0,642**	0,634**

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



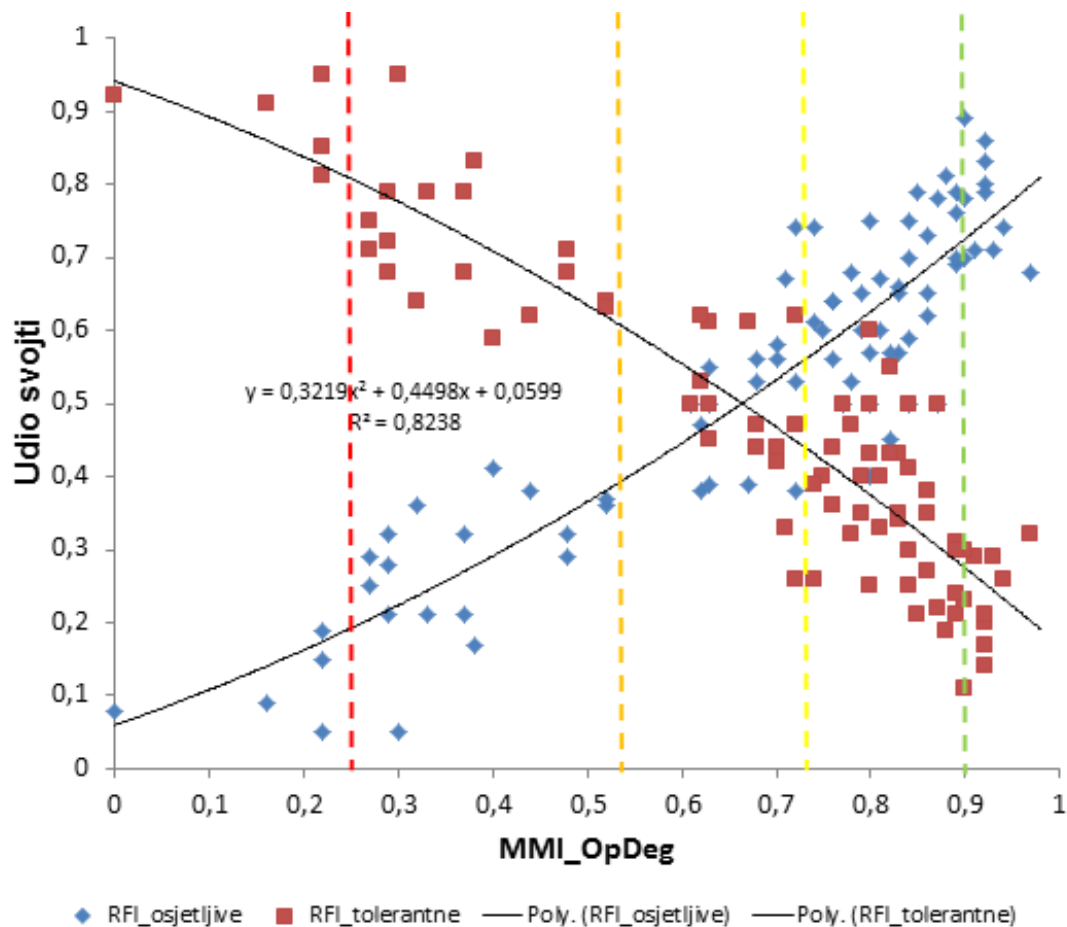
**Slika 1.** Odnos između indeksa hidromorfološke kakvoće i promijenjenosti (HQM) i omjera ekološke kakvoće (OEK) temeljem novog indeksa opće degradacije

Za metrike uključene u MMI indeks određene su referentne i najlošije vrijednosti za dva tipa vrlo velikih rijeka (HR-R\_5B i HR-R\_5C) (Tablica 2). Za indeks riječne faune velikih rijeka određene su jednake referentne vrijednosti kao i jednake najlošije vrijednosti. Navedeni riječni tipovi međusobno se razlikuju u referentnoj vrijednosti indeksa ALP100, koja je za tip HR-R\_5B nešto veća.

**Tablica 2.** Referentne vrijednosti i najlošije vrijednosti za odabrane metrike novog indeksa opće degradacije za tipove HR-R\_5B i HR-R\_5C uz korištenu statističku metodu. (ALP\_100% - udio svojti koje preferiraju akal+lital+psamal supstrat, RFI<sub>VR</sub> - indeks riječne faune za velike rijeke, HR-R\_5B - nizinske vrlo velike tekućice – donji tok Mure i srednji tok Save i Drave, HR-R\_5C - nizinske vrlo velike tekućice - donji tok Save i Drave, N – broj podataka.

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

Granice između kategorija ekološkog stanja određene su na osnovu promjena u zajednici makrozoobentosa temeljem MMI<sub>OpDeg</sub> (Slika 2). Granica vrlo dobro/dobro postavljena je na mjesto gdje se je počeo smanjivati udio osjetljivih svojti. Na mjesto gdje je udio osjetljivih i tolerantnih svojti izjednačen postavljena je granica dobro/umjereno. Granica umjereno/loše postavljena je na poziciju gdje se povećava udio tolerantnih svojti, a granica loše/vrlo loše je na mjestu gdje prevladava udio tolerantnih svojti. U Tablici 3 prikazane su granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije. Radi ujednačavanja raspona vrijednosti ekološkog stanja, načinjena je transformacija prema postupku opisanom u Tablici 4.



**Slika 2.** Određivanje granica između kategorija ekološkog stanja na temelju raspodjele osjetljivih i tolerantnih svojti uzduž gradjenata indeksa opće degradacije (MMI<sub>OpDeg</sub>)

**Tablica 3.** Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja temeljem indeksa opće degradacije (MMI<sub>OpDeg</sub>) prije i poslije transformacije

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

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

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

## 2.2 Literatura

Corine Land Cover, 2007. European Environment Agency.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 3 Prikaz revidirane biološke metode ocjene ekološkog stanja za ribe u vrlo velikim rijekama

### 3.1 Pokazatelji za ocjenu ekološkog stanja

Pokazatelji za izračun ekološkog stanja vodotoka na temelju riba za vrlo velike rijeke u Hrvatskoj su sljedeći:

- Broj stranih vrsta (Sa)
- Udio piscivornih vrsta (pPISC)
- Udio litofilnih vrsta (pLITH)

### 3.2 Referentne i najlošije vrijednosti pokazatelja ekološkog stanja

Najbolje i najgore vrijednosti onih metrika riblje zajednice koje su odabrane za uključivanje u izračun indeksa određene su sljedeći princip od Furse i sur. (2006), kao vrijednosti koje bi pojedina metrika imala da se radi o nepromijenjenoj zajednici, odnosno kao vrijednosti koje bi metrike imale u najgorim primijećenim ili najgorim mogućim uvjetima. Pomoću navedenih vrijednosti računaju se omjeri ekološke kakvoće na pojedinom lokalitetu, koji zapravo pokazuju koliko određena metrika zabilježena u nekoj ihtiocenozi odstupa od referentnih vrijednosti kakve ta metrika pokazuje u posve prirodnim zajednicama. U slučajevima kada neka riblja zajednica pokaže vrijednost pojedine metrike veću od gornje granice, omjer ekološke kakvoće (OEK) se postavlja na 1 (u skladu s Furse i sur. 2006). Slično, ako se negdje ipak pokažu gori uvjeti od najlošijih zabilježenih/predviđenih, OEK se postavlja na 0. Najbolje vrijednosti nisu nužno i najviše moguće vrijednosti pojedine metrike, već mogu biti i najniže, što ovisi o načinu na koji pojedina metrika odgovara na pritisak (raste li ili pada s povećanjem intenziteta pritiska). Zbog toga će i omjeri ekološke kakvoće biti računati prema dvije formule, ovisno o tome da li se odnose na metriku koja pada s povećanjem intenziteta pritiska ili onu koja s pojačanjem pritiska također poprima veće vrijednosti.

### 3.3 Izračun omjera ekološke kakvoće (oek)

Omjeri ekološke kakvoće (OEK) računaju se zasebno za svaku metriku ribljih zajednica koja se uključuje u izračun indeksa za vrlo velike rijeke, prema sljedeće tri formule:

$OEK(Sa) = 1 - ((Sa - 0) / (5 - 0))$ , Sa – broj stranih vrsta na lokalitetu

$OEK(pPISC) = (pPISC - 0) / (0,36 - 0)$ , pPISC – udio vrsta piscivora na lokalitetu

$OEK(pLITH) = (pLITH - 0) / (0,5 - 0)$ , pLITH – udio litofilnih vrsta na lokalitetu

Generiranje hrvatskog indeksa za vrlo velike rijeke prema ribama (hrir)

Hrvatski indeks kakvoće za vrlo velike rijeke temeljen na ribama (HRIR) računa se tako da se zbroje svi omjeri ekološke kakvoće i podijele s brojem omjera ekološke kakvoće:

$$HRIR = \frac{OEK(Sa) + OEK(pPISC) + OEK(pLITH)}{3}$$

HRIR je multimetrijski indeks, koji integrira više metrika te objedinjuje odgovore na više pritisaka.

### 3.4 Granice klasa

Tijekom interkalibracijskog postupka, granice klasa dobrog ekološkog stanja za vrlo velike rijeke u Hrvatskoj promijenjene su u odnosu na predložene vrijednosti, što će biti objašnjeno u poglavlju 5.0. Nakon interkalibracije je utvrđeno da vrijednosti HRIR-a veće od 0,87 ukazuju na vrlo dobro stanje vodotoka. Ako HRIR na nekom lokalitetu ima vrijednost između 0,55 i 0,86, ekološko stanje na tom lokalitetu je dobro, dok vrijednosti HRIR-a između 0,40 i 0,54 označavaju umjereno ekološko stanje prema ribama kao biološkom elementu. Loše ekološko stanje imaju vodotoci za koje HRIR ima vrijednosti 0,21-0,39, dok vrijednosti HRIR-a manje od 0,20 ukazuju na vrlo loše ekološko stanje (Tablica 5).

**Tablica 5.** Klasifikacija Hrvatskog indeksa za vrlo velike rijeke prema ribama – granice klasa za ribe kao biološki element kakvoće.

EKOLOŠKO STANJE	GRANICE KLASA HRIR-a
VRLO DOBRO	0,87-1,00
DOBRO	0,55-0,86
UMJERENO	0,40-0,54
LOŠE	0,21-0,39
VRLO LOŠE	0,00-0,20

### 3.5 Opis bioloških zajednica u vrlo dobrom, dobrom i umjerenom stanju

VRLO DOBRO EKOLOŠKO STANJE utvrđuje se na temelju ribljih zajednica u kojima prevladavaju vrste karakteristične za prirodnu zajednicu vrlo velikih rijeka. Udio stranih (nezavičajnih, alohtonih) vrsta i jedinki koje pripadaju stranim vrstama vrlo je mali ili ih ni nema. Otprilike trećina vrsta pripada



piscivornim vrstama, dok je polovica vrsta litofilna. Vrijednosti omjera ekološke kakvoće u takvim su zajednicama uglavnom iznad 0,85, što ukazuje na manje ili nikakve antropogene promjene.

DOBRO EKOLOŠKO STANJE utvrđuje se na temelju zajednica koje sadrže visok udio karakterističnih, nativnih (zavičajnih, autohtonih) vrsta, ali često su prisutne jedna ili dvije strane vrste. Udio piscivorih i litofilnih vrsta je smanjen. Vrijednosti omjera ekološke kakvoće malo do umjereno (0,15-0,45) su smanjene u odnosu na vrlo dobro stanje te se primjećuju manje negativne posljedice antropogenih pritisaka.

UMJERENO EKOLOŠKO STANJE utvrđuje se prema zajednicama u kojima je udio nativnih vrsta značajnije smanjen, prisutne su 2-3 strane vrste te je narušen prirodni sastav ribljih zajednica. Udio piscivora i litofila u zajednici je znatno smanjen. Vrijednosti omjera ekološke kakvoće kreću su oko polovice (0,4-0,6) tih vrijednosti u prirodnim zajednicama karakterističnima za određeni tip vodotoka. Negativni utjecaji antropogenih pritisaka doveli su do značajnih poremećaja u sastavu i strukturi ribljih zajednica.

### 3.6 Odnosi pritisak-odgovor i metrike odabrane za izračune indeksa

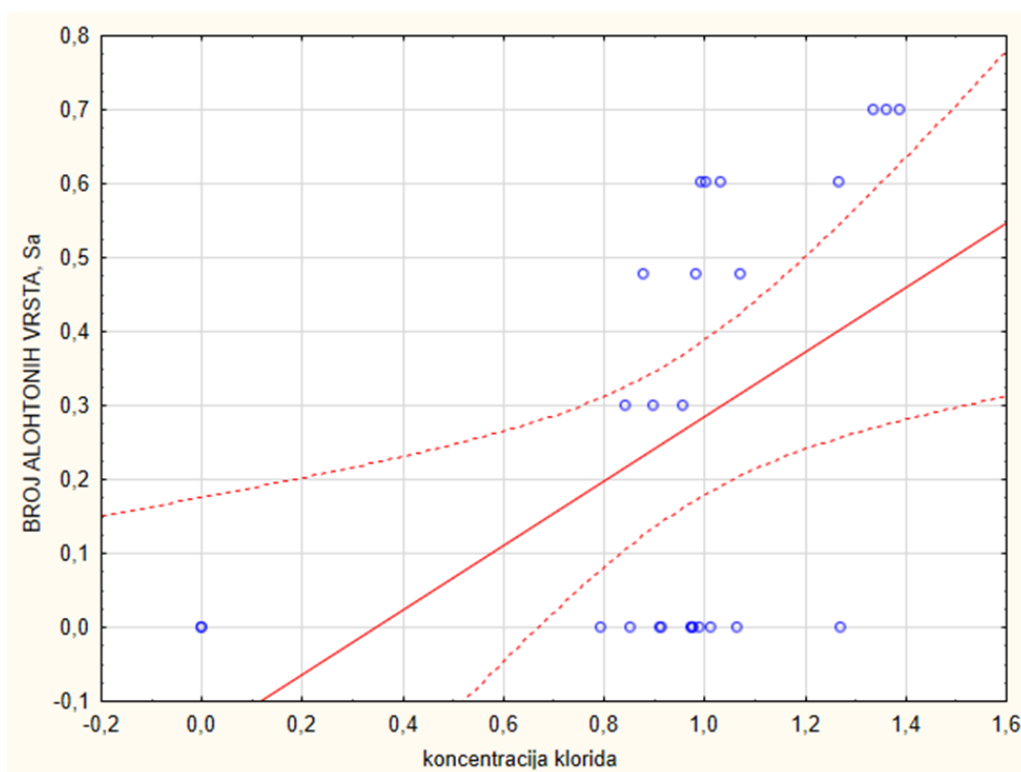
Opisana statistička procedura utvrđivanja statistički značajnih i dovoljno jakih odgovora metrika ribljih zajednica na pritiske provedena je za svaki tip vrlo velikih rijeka prema nacionalnoj klasifikaciji (HR-R\_5B, HR-R\_5C i HR-R\_5D) zasebno, ali i zajedno za sve tipove, odnosno sve lokalitete. Prilikom zasebne analize svakog tipa, za pojedine tipove uopće nisu dobiveni statistički značajni odgovori na pritiske na razini značajnosti  $R^2 > 0,02$ , što ne čudi s obzirom na mali broj lokaliteta uključenih u neke tipove (osobito tip HR-R\_5D). S druge strane, kada su svi lokaliteti sagledavani zajedno, uspješno je provedena opisana statistička procedura i utvrđeni su statistički značajni i dovoljno jaki odgovori metrika riblje zajednice na indikatore antropogenih pritisaka. Stoga su svi tipovi vrlo velikih rijeka razmatrani zajedno te je razvijen jedinstveni klasifikacijski sustav i jedan indeks ekološkog stanja prema ribama za sve vrlo velike rijeke u Hrvatskoj. Ovaj je pristup zapravo i vrlo sličan onome primijenjenome na ostale tipove prirodnih tekućica gdje su također, unutar pojedinih ekoregija, najjasniji i najpodržaniji odgovori na pritiske dobiveni upravo kad su zajedno razmatrani tipovi vodotoka koji obuhvaćaju pojedinu veličinsku kategoriju vodotoka (unutar Panonske ekoregije razvijena su dva indeksa, jedan koji se odnosi na gorske, prigorske i nizinske male tekućice, a drugi koji obuhvaća nizinske aluvijalne, srednje velike i velike tekućice). S obzirom na to da se stanišni čimbenici, a onda i struktura ribljih zajednica u Panonskoj ekoregiji najviše razlikuju upravo između vodotoka različite veličine i geografskog položaja, ne čudi da je takva podjela omogućila utvrđivanje statistički značajnih odgovora na pritiske, koji uz to imaju i jasnu ekološku interpretaciju.

Kod vrlo velikih rijeka (tipovi HR-R\_5B, HR-R\_5C i HR-R\_5D) utvrđena su tri statistički značajna odgovora na pritiske navedena u Tablici 6. i opisana u daljnjem tekstu te prikazana na Slikama 3, 4, 5. Važno je naglasiti kako navedene metrike, osim što su pokazale jasan i statistički značajan odgovor na pritiske, imaju normalnu distribuciju i zadovoljavaju presumpcije linearnosti.

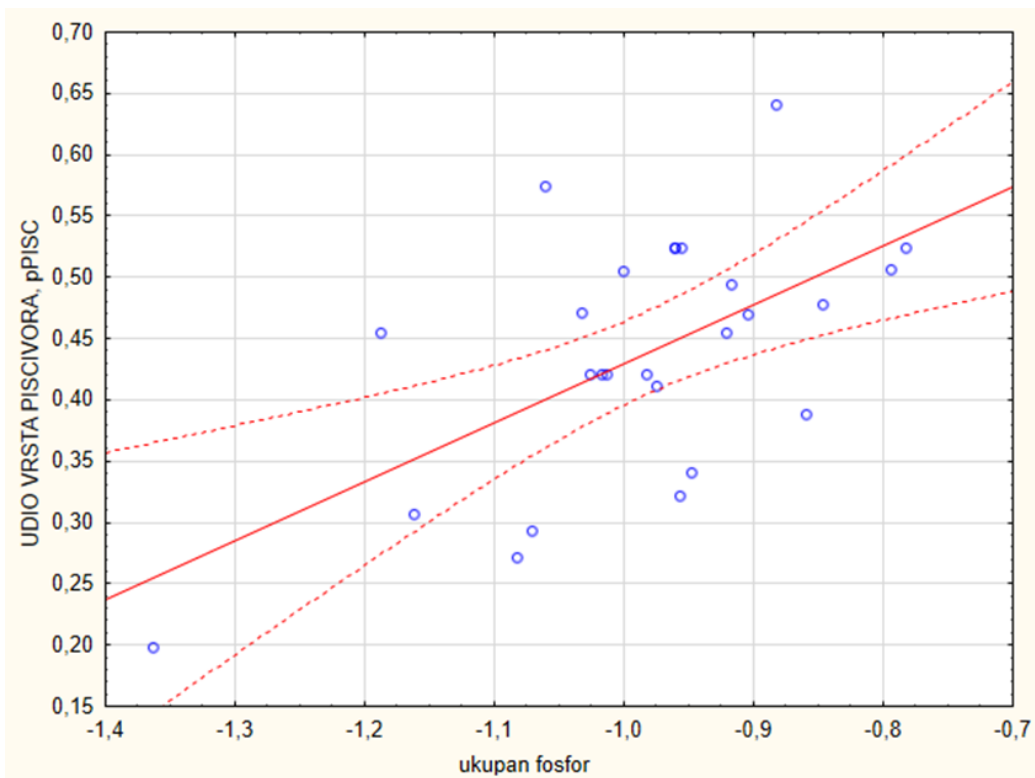
**Tablica 6.** Metrike riblje zajednice koje su pokazale odgovore na pojedine pritiske.

TIPOVI VODNIH TIJELA	NAZIVI TIPOVA VODNIH TIJELA	ODNOS PRITISAK-ODGOVOR	R <sup>2</sup>	p
HR-R_5B, HR-R_5C i HR-R_5D	Vrlo velike rijeke Hrvatske	Broj stranih vrsta (Sa) pokazuje odgovor na koncentraciju klorida	0,21	0,01
		Udio vrsta piscivora (pPISC) pokazuje odgovor na koncentraciju fosfora	0,32	0,00
		Udio litofilnih vrsta (pLITH) pokazuje odgovor na koncentraciju nitrata	0,2	0,02

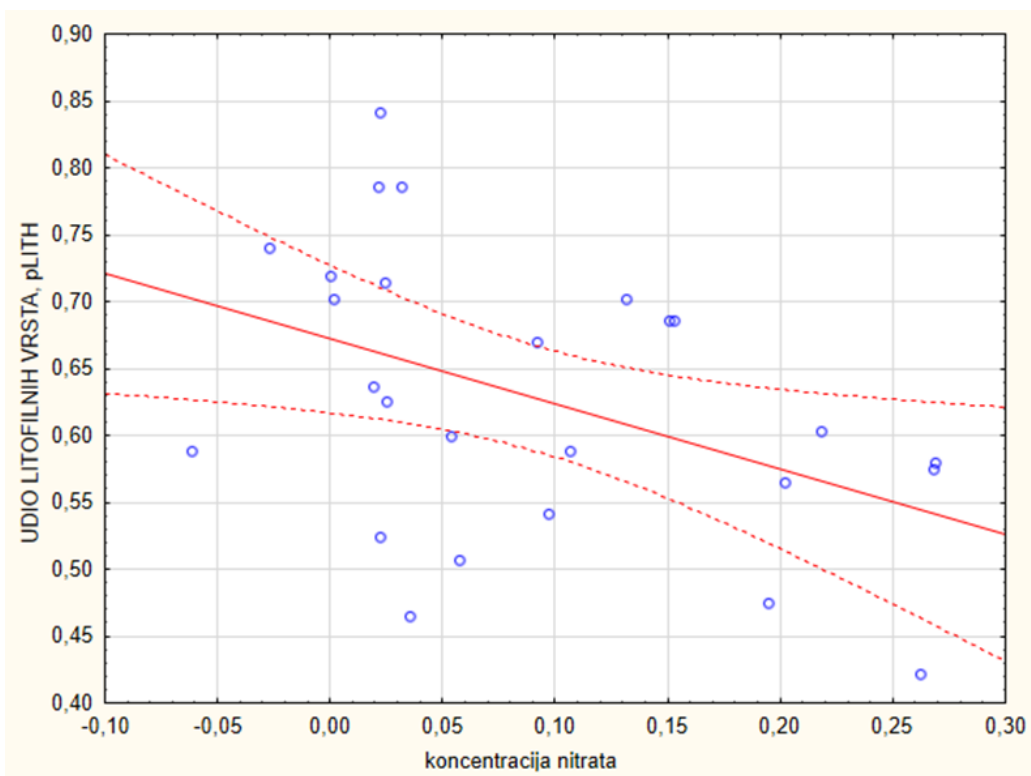
Fosfor se u vodotocima pojavljuje kao posljedica onečišćenja i eutrofikacije te se smatra jednim od najboljih indikatora, ali i najjačih uzroka eutrofikacije (Correll 1998, Yang i sur. 2008). Nitrati su, uz fosfor, jedan od bitnih pokazatelja i pokretača eutrofikacije, iako ju oni uzrokuju indirektnim mehanizmom. Njihov porast u tekućicama posljedica je ispiranja s poljoprivrednih površina te raznih oblika onečišćenja. Povećana koncentracija klorida u vodotocima također je posljedica onečišćenja.



**Slika 3.** Grafički prikaz linearne regresije između broja stranih vrsta (Sa) i koncentracije klorida, temeljen na standardiziranim vrijednostima metrika.



**Slika 4.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela vrsta piscivora (pPISC) i koncentracije fosfora, temeljen na standardiziranim vrijednostima metrika.



**Slika 5.** Grafički prikaz linearne regresije između udjela litofilnih vrsta (pLITH) i koncentracije nitrata.

### 3.7 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), 151–155.

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 Plitvičkih 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 nasađivanje 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 nasađivanja 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.
- Kunstek, 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) Ihtiolška 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-biolška 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) Osebujan 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.

## 4 Metodologija ocjene ekološkog stanja tekućica temeljem biološkog elementa makrofita za interkalibracijske tipove za koje nije proveden post-interkalibracijski postupak usklađenja

Verzija 1.0.

Antun Alegro

### 4.1 Uvod

Službeni interkalibracijski postupak ekološkog stanja istočnoeuropskih rijeka (EC-GIG), na temelju biološkog elementa makrofita, završen je u sklopu EC-GIG interkalibracije 2011. godine. Pritom su definirana tri zajednička tipa tekućica Istočnokontinentalne geografske grupe (R-E2, R-E3 i R-E4) na kojima je moguće provesti zajednički interkalibracijski postupak u kojem je sudjelovalo pet zemalja članica: Austrija, Slovačka, Slovenija, Bugarska i Mađarska. Naknadno su 2016. godine u postupcima usklađenja interkalibrirane metode za Češku i Rumunjsku. Hrvatska je postupku usklađenja pristupila 2019. kada su provedeni post-interkalibracijski postupci usklađenja za tipove R-E2 i R-E3. Interkalibracijski tip R-E4 u Hrvatskoj ne postoji (Alegro 2019a).

U Mediteranskom geografskom području (Med-GIG) završeni interkalibracijski postupak za ocjenu ekološkog stanja rijeka na temelju makrofita uključio je sedam zemalja (Cipar, Francuska, Grčka, Italija, Portugal, Španjolska i Slovenija), a 2016. u post-interkalibracijski postupak usklađenja uključena i Bugarska. Hrvatska je postupku usklađenja pristupila 2019. kada su provedeni post-interkalibracijski postupci usklađenja za tipove R-M1 i R-M2 (Alegro 2019b).

Kako za neke tipove nisu provedeni interkalibracijski postupci unutar odgovarajućih geografskih područja, uglavnom zbog velike heterogenosti tekućica koje u njih ulaze, tako je i dio tipova tekućica iz Hrvatske ostao neobuhvaćen post-interkalibracijskim postupcima usklađenja (Tablica 7). Kako je i tekućicama iz tih tipova potrebno određivati ekološku kakvoću na temelju makrofita, ovdje donosimo metodu za ocjenu koja je na temelju iskustava s post-interkalibracijskim postupcima usklađenja modificirana u odnosu dosadašnju metodu opisanu u *Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće* (Hrvatske vode 2015). U analizu je uključeno ukupno 171 postaja iz interkalibracijskih tipova R-EX5, R-EX6, R-EX7 i R-EX8 kako je navedeno u Tablici 8.

**Tablica 7.** Pregled interkalibracijskih tipova tekućica (IC) za koje nije proveden post-interkalibracijski postupak usklađenja.

	<b>PANONSKA EKOREGIJA (HUNGARIAN LOWLANDS)</b>	abiotički tip	biotički tip	IC tip
1. Gorske i prigorske male tekućice				
	Prigorske male tekućice na silikatnoj podlozi	2A	HR-R_1	R-EX6
	Prigorske male tekućice na vapnenačkoj podlozi	2B	HR-R_1	R-EX6
	Prigorske male tekućice na silikatno-vapnenačkoj podlozi	2C	HR-R_1	R-EX6
2. Nizinske male tekućice				
2.a. Tekućice s glinovito-pjeskovitim supstratom				
	Nizinske male tekućice na silikatnoj podlozi	3A1	HR-R_2A	R-EX5
	Nizinske male tekućice na silikatno-vapnenačkoj podlozi	3C1	HR-R_2A	R-EX5
	Nizinske male tekućice na vapnenačko-organogenoj podlozi	3F1	HR-R_2A	R-EX5
<b>DINARSKA EKOREGIJA (DINARIC WESTERN BALKAN), DINARSKO-KONTINENTALNA SUBEKOREGIJA</b>				
6. Gorske i prigorske male tekućice				
	Prigorske male tekućice na vapnenačkoj podlozi	11B	HR-R_6	R-EX7
7. Gorske i prigorske srednje velike i velike tekućice				
	Prigorske srednje velike tekućice na vapnenačkoj podlozi	12B	HR-R_7	R-EX8
8. Nizinske srednje velike i velike tekućice				
	Nizinske srednje velike tekućice na vapnenačkoj podlozi	14B	HR-R_8	R-EX8

**Tablica 8.** Broj postaja s uzorkovanim makrofitima u neinterkalibriranim tipovima tekućica prema interkalibracijskim tipovima i klasama ekološke kakvoće.

	ukupno	vrlo dobro	dobro	umjereno	loše	vrlo loše
<b>R-EX5</b>	<b>109</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>5</b>
<b>R-EX6</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>R-EX7</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>R-EX8</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

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

Podaci o makrofitskoj vegetaciji rijeka Hrvatske prikupljaju se od 2009. godine. Nakon što su isprobane različite metode i metrike temeljene na makrofitima, referentni indeks (RI) razvijen za određivanje ekološkog stanja njemačkih srednje velikih nizinskih rijeka (Schaumburg i sur. 2006, 2012), odabran je uz manje modifikacije za određivanje ekološkog stanja rijeka u Hrvatskoj.

Važeći dokument kojim se između ostalog propisuje postupak određivanju omjera ekološke kakvoće na temelju makrofita je *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, koja je donesena Odlukom Hrvatskih voda sukladno 6. Uredbi o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 73/13, 151/14 i 78/15) prema Zakonu o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14).

Na temelju dosadašnjih iskustava u ocjeni ekološke kakvoće, usporedbe s drugim sustavima ocjenjivanja iz Istočnokontinentalnog i Mediteranskog geografskog područja i provedenog post-interkalibracijskog postupka usklađenja, predlažemo da se nadalje koristi samo referentni indeks (RI),

te da se odustane od daljnje upotrebe biocenološke metode opisane u *Metodologiji* (Hrvatske vode 2015) koja se pokazala teška za praktičnu upotrebu većini koja nije usko profesionalno specijalizirana za makrofitske zajednice. Nadalje, sve zemlje iz navedenih geografskih područja imaju samo po jednu metodu za ocjenu ekološke kakvoće na temelju makrofita, pa se time usklađujemo s praksom iz drugih zemalja. Vrijeme, mjesto, potrebna oprema i način uzorkovanja, kao i opis postupka laboratorijske obrade uzoraka za biološki element makrofita ostaju isti kako su opisani u *Metodologiji*.

Na svakoj postaji uzorkovane su sve vrste makrofita potrebne za ocjenu, ali i helofiti zbog potpunijeg uvida u vegetaciju i razumijevanja ekoloških odnosa i mogućih poremećaja. Uzorkovanje je obavljeno na odsječku obale od minimalno 50 m koji je po potrebi produživan dok se nije zaustavio prirast novih vrsta. Abundancija je procijenjena korištenjem devetstupanske proširene Braun-Blanquet skale te petostupanjske skale po Kohleru. Granice istraživane plohe određene su krajnjim pojavljivanjem makrofita prema sredini rijeke. Sve vrste koje se nisu mogle odrediti na terenu sakupljene su kao herbarski primjerci (većina vaskularnih biljaka i mahovina) ili kao mokri preparati (uskoliski mrijesnjaci, parožine i ostale makroalge). Nakon determinacija podaci su organizirani u tablice i pripremljeni za izračun makrofitskog indeksa, odnosno za određivanje omjera ekološke kakvoće.

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.

Referentni indeks (RI) računa se prema formuli:

$$RI = \frac{\sum QA_i - \sum QC_i}{\sum Qg_i} 100$$

RI – Referentni indeks

QA<sub>i</sub> – količina i-te iz indikatorske grupe A

QC<sub>i</sub> – količina i-te iz indikatorske grupe C

Qg<sub>i</sub> – Količina i-te vrste iz svih grupa

nA – ukupan broj vrsta u grupi A

nC – ukupan broj vrsta u grupi C

ng – ukupan broj vrsta u svim grupama.

Kako bi se dobio omjer ekološke (EQR) kakvoće RI se transformira prema sljedećoj formuli:

$$EQR = \frac{(RI + 100) * 0,5}{100}$$

Dobivena vrijednost EQR se usporedi s graničnim vrijednostima (Tablica 3).

### 4.3 Referentni uvjeti

Referentni uvjeti određeni su za svaki nacionalni biotički riječni tip na temelju ekspertne procjene i najmanje poremećenih lokaliteta (*least disturbed sites*), ukoliko su postojali. U tim uvjetima možemo razlikovati šest tipova makrofitskih zajednica unutar interkalibracijskih tipova R-EX5, R-EX6, R-EX7 i R-EX-8:

- zajednica u kojoj dominiraju mahovine (PF) – 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).
- zajednica u kojoj dominiraju herbidi i drugi morfološki oblici vaskularnih biljaka (miriofilidi i magnopotamidi prije svega) (BN). 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.
- zajednica u kojoj dominiraju morfološki tipovi nimfeide i valisneride (Sp) – 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., *Hipuris vulgaris* i druge.
- zajednica u kojoj dominira miriofilidni morfološki tip (My) – tj. *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus trichophyllus* i druge vrste vodenih žabnjaka (*Ranunculus* subgen. *Batrachium*), i širokolisne vrste mrijesnjaka (*P. lucens*, *P. perfoliatus*).
- zajednica u kojoj dominiraju širokolisne vrste mrijesnjaka (Po) – tj. *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *P. nodosus*, *P. gramineus*.
- zajednica u kojoj dominiraju žabovlatke (Ca) – rijetka zajednica razvijena u malim tekućicama s organogenom ili silikatno-organogenoj podlozi u kojoj dominiraju vrste roda *Callitriche*.

### 4.4 Granice klasa

Ekološki status raspodijeljen je u pet klasa: vrlo dobar, dobar, umjeren, loš i vrlo loš.

Granice klasa (Tablica 9) postavljene su u zone izrazite promjene sastava makrofitske zajednice analizom diskontinuiteta u odnosu okolišnih pritisaka i odgovora zajednice (pressure-response relationship) koji su podešeni ekspertnom procjenom temeljenom na promjenama u pridolasku tip specifičnih referentnih vrsta te tolerantnih vrsta. Granice klasa naknadno su modificirane na temelju provedenog post-interkalibracijskog postupka usklađenja za tekućice iz istočnokontinentalnog i mediteranskog geografskog područja budući da je skup referentnih zajednica isti.

**Tablica 9.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće.

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Tumačenje
Vrlo dobro	PF	>0.70	Granica VD/D predstavlja četvrtinu (0,25) ispod vrijednosti medijana pri kojoj su vrste grupe A (referentne
	BN	>0.65	

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Tumačenje
	Sp, My, Po, Ca	>0.79	vrste) u jasnoj dominaciji, a vrste grupe C potpuno odsutne.
Dobro	PF	0.47-0.69	Granica D/U je točka u kojoj vrste grupe B (indiferentne vrste) postaju dominantne, a vrste grupe A još uvijek dominiraju nad vrstama grupe C.
	BN	0.46-0.64	
	Sp, My, Po, Ca	0.55-0.78	
Umjereno	PF	0.29-0.46	Granica U/L je postavljena kao srednja vrijednost gdje u zajednici počinju dominirati vrste grupe C (pokazatelji poremećaja), a vrste grupe A nestaju.
	BN	0.24-0.45	
	Sp, My, Po, Ca	0.30-0.54	
Loše	PF	0-0.28	Granica L/VL je točka u kojoj se gubi makrofitska vegetacija.
	BN	0-0.23	
	Sp, My, Po, Ca	0-0.29	
Vrlo loše	PF	-	Potpuni nestanak makrofitske vegetacije zbog antropogenog pritiska.
	BN	-	
	Sp, My, Po, Ca	-	

#### 4.5 Detektirani pritisci

Pritisci koje detektira metoda ocjene ekološkog stanja na temelju makrofita su eutrofikacija i opća degradacija. Na temelju rezultata analiza korelacije (Tablice 10 i 11) može se zaključiti da metoda detektira okolišne pritiske.

**Tablica 10.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti i fizikalno-kemijskih parametara vode.

	OEK			OEK	
	Pearsonov koeficijent korelacije	Značajnost		Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
log_t	-0.154*	0.045	t	-0.274**	0.000
log_pH	0.089	0.251	pH	0.018	0.816
log_električna vodljivost	-0.452**	0.000	električna vodljivost	-0.452**	0.000
log_ukupne suspendirane tvari	-0.460**	0.000	ukupne suspendirane tvari	-0.401**	0.000



	OEK			OEK	
	Pearsonov koeficijent korelacije	Značajnost		Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
log_alkalitet	-0.313**	0.000	alkalitet	-0.321**	0.000
log_tvrdoća	-0.365**	0.000	tvrdoća	-0.364**	0.000
log_O2_otopljeni	0.255**	0.001	O2_otopljeni	0.309**	0.000
log_O2_zasićenje	0.255**	0.001	O2_zasićenje	0.265**	0.000
log_NH3	-0.371**	0.000	NH3	-0.400**	0.000
log_NO2	-0.460**	0.000	NO2	-0.431**	0.000
log_NO3	-0.027	0.723	NO3	-0.155*	0.043
log_N_ukupni	-0.278**	0.000	N_ukupni	-0.351**	0.000
log_PO4	-0.500**	0.000	PO4	-0.479**	0.000
log_P_ukupni	-0.525**	0.000	P_ukupni	-0.473**	0.000

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0.01.

\* . Korelacija je značajna na razini 0.05.

**Tablica 11.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti i različitih mjera opće degradacije (EXT – % ekstenzivna poljoprivreda, INT – % intenzivna poljoprivreda, NAT – % prirodna i poluprirodna područja, ART – % urbanizirana područja).

	Pearsonov koeficijent korelacije	Značajnost		Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
log_EXT	-0.018	0.433	EXT	-0.083	.216
log_INT	-0.334**	0.001	INT	-0.366**	.000
log_NAT	0.196*	0.032	NAT	0.360**	.000
log_URB	-0.222*	0.043	URB	-0.314**	.001

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0.01.

\* . Korelacija je značajna na razini 0.05.

## 4.6 Provjera usklađenosti s ODV

Da bi metoda za ocjenu ekološke kakvoće bila prihvatljiva potrebna je usklađenost s kriterijima ODV-a (Tablica 12).

**Tablica 12.** Popis kriterija i ocjena sukladnosti s ODV-om.

Kriteriji	Izvršeno
Ekološko stanje razvrstano je u jedan od pet razreda	da
Vrlo dobro, dobro i umjereno ekološko stanje postavljeno je u skladu s normativnim definicijama ODV-a (postupak postavljanja granica)	da
Uključeni su svi relevantni parametri koji utječu na biološke elemente kakvoće (BEK)	da
Procjena je prilagođena interkalibracijskim uobičajenim tipovima koji su definirani u skladu s tipološkim zahtjevima ODV-a, a odobreni od WG ECOSTAT-a	da
Vodeno se tijelo procjenjuje na temelju tipičnih, gotovo prirodnih referentnih uvjeta	da
Rezultati procjene izražavaju se kao OEK	da
Postupak uzorkovanja omogućava reprezentativne informacije o kvaliteti vode / ekološkom stanju u prostoru i vremenu	da
Svi podaci relevantni za procjenu bioloških parametara navedenih u normativnim definicijama ODV obuhvaćeni su postupkom uzorkovanja	da
Odabrana taksonomska razina postiže odgovarajuću pouzdanost i preciznost u razvrstavanju	da

## 4.7 Ujednačavanje granica klasa

Kako je vidljivo iz Tablice 3 granice klasa na temelju vrijednosti OEK nisu jedinstvene, već se razlikuju ovisno o tipovima makrofitskih zajednica. Kako bi se granice klasa ujednačile (harmonizirale), provedene su linearne transformacije (*piecewise linear transformation*) navedene u Tablici 13.

**Tablica 13.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće i pripadajuće transformacijske jednadžbe kako bi se dobili ujednačeni i jedinstveni rasponi klasa za sve zajednice makrofita.

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Ujednačeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
Vrlo dobro	PF	>0.70	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.7)/0.3$
	BN	>0.65	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.65)/0.35$
	Sp, My, Po, Ca	>0.79	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.79)/0.21$
Dobro	PF	0.47-0.69	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.47)/0.23$
	BN	0.46-0.64	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.46)/0.19$
	Sp, My, Po, Ca	0.55-0.78	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.55)/0.24$

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Ujednačeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
Umjereno	PF	0.29-0.46	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.29)/0.18$
	BN	0.24-0.45	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.24)/0.22$
	Sp, My, Po, Ca	0.30-0.54	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.3)/0.25$
Loše	PF	0-0.28	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.29$
	BN	0-0.23	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.24$
	Sp, My, Po, Ca	0.00-0.29	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.29$
Vrlo loše	PF	-	<0.2	
	BN	-	<0.2	
	Sp, My, Po, Ca	-	<0.2	

Na temelju polinomijalnih transformacija granice klasa ekološke kakvoće za sve makrofitske zajednice navedene su u Tablici 14.

**Tablica 14.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće nakon provedenih polinomijalnih transformacija.

Kategorija	granica
H/G	0.8
G/M	0.6
M/P	0.4

## 4.8 Zaključak

Nacionalna metoda za ocjenu ekološkog stanja na temelju makrofita 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. Granice klasa postavljene u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama i modificirani na temelju provedenih post-interkalibracijskih usklađivanja za tekućice istočnokontinentalnog i mediteranskog geografskog područja. Granice klasa naknadno su ujednačene između svih makrofitskih zajednica linearnim transformacijama.

## 4.9 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) 1.0. Hrvatske vode, Zagreb.

Alegro, A., 2019b: Report on fitting of Croatian classification method for macrophytes in rivers to the results of the completed intercalibration of the Med GIG (R-M1 and R-M2) 1.0. Hrvatske vode, Zagreb.

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

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A., Foerster, J., 2006: Instruction Protocol for the Ecological Assessment of running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bavarian Environment Agency, Munich.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A., 2012: Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos (PHYLIB). Bayerisches Landesamt für Umwelt, Wielenbach.

## 5 Metodologija ocjene ekološkog stanja tekućica temeljem biološkog elementa makrofita za tip R-M5 za koji nije proveden post-interkalibracijski postupak usklađenja

Verzija 1.0.

Antun Alegro

### 5.1 Uvod

U Mediteranskom geografskom području (Med-GIG) završeni interkalibracijski postupak za ocjenu ekološkog stanja rijeka na temelju makrofita uključio je sedam zemalja (Cipar, Francuska, Grčka, Italija, Portugal, Španjolska i Slovenija), a 2016. u post-interkalibracijski postupak usklađenja uključena i Bugarska. Hrvatska je postupku usklađenja pristupila 2019. kada su provedeni post-interkalibracijski postupci usklađenja za tipove R-M1 i R-M2 (Alegro 2019).

Kako za neke tipove nisu provedeni interkalibracijski postupci unutar odgovarajućih geografskih područja, uglavnom zbog velike heterogenosti tekućica koje u njih ulaze, tako je i dio tipova tekućica iz Hrvatske ostao neobuhvaćen post-interkalibracijskim postupcima usklađenja. Kako je i tekućicama iz tih tipova potrebno određivati ekološku kakvoću na temelju makrofita, ovdje donosimo metodu za ocjenu tekućica iz Mediteranske subregije Dinaridske ekoregije neobuhvaćenih interkalibracijskim postupkom. Tim tekućicama osnovno je svojstvo da im je tok povremen i obuhvaćene su u veliku i heterogenu grupu R-M5 koja obuhvaća mrđusobno vrlo različite mediteranske povremene tekućice. Ovdje opisana metoda je na temelju iskustava s post-interkalibracijskim postupcima usklađenja modificirana u odnosu dosadašnju metodu opisanu u *Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće* (Hrvatske vode 2015). U analizu je uključeno ukupno 58 postaja iz interkalibracijskih tipova R-M1, RM-2 i R-M5 radi dokazivanja veze između OEK i fizikalno-kemijskih te hidromorfoloških pritisaka, dok se preostale analize temelje na 20 postaja sa povremenih tekućica.

**Tablica 15.** Pregled interkalibracijskog tipa tekućica R-M5 prema nacionalnoj biotičkoj klasifikaciji.

Naziv biotičkog tipa rijeke	Oznaka abiotičkog tipa rijeke	Oznaka biotičkog tipa rijeke	Oznaka interkalibracijskog tipa rijeke
16.POVREMENE TEKUĆICE			
16.a. Prigorske male i srednje velike			
Prigorske male povremene tekućice u vapnenačkoj podlozi	16B6	HR-R_16A	R-M5
Prigorske male povremene tekućice u vapnenačko-silikatnoj podlozi	16C6	HR-R_16A	R-M5
16.b. Nizinske			
Nizinske male povremene tekućice u vapnenačkoj podlozi	17B6	HR-R_16B	R-M5
Nizinske male povremene tekućice u silikatno-vapnenačkoj podlozi	17C6	HR-R_16B	R-M5
19.POVREMENE TEKUĆICE ISTRE			
Povremene nizinske male tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi Istre	23C6	HR-R_19	R-M5

**Tablica 16.** Broj postaja s uzorkovanim makrofitima u neinterkalibriranim tekućicama R-M5 prema klasama ekološke kakvoće.

	ukupno	vrlo dobro	dobro	umjereno	loše	vrlo loše	bez makrofita
<b>R-M5</b>	<b>20</b>	4	7	-	4	-	5

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

Podaci o makrofitskoj vegetaciji rijeka Hrvatske prikupljaju se od 2009. godine. Nakon što su isprobane različite metode i metrike temeljene na makrofitima, referentni indeks (RI) razvijen za određivanje ekološkog stanja njemačkih srednje velikih nizinskih rijeka (Schaumburg i sur. 2006, 2012), odabran je uz manje modifikacije za određivanje ekološkog stanja rijeka u Hrvatskoj.

Važeći dokument kojim se između ostalog propisuje postupak određivanju omjera ekološke kakvoće na temelju makrofita je *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, koja je donesena Odlukom Hrvatskih voda sukladno 6. Uredbi o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 73/13, 151/14 i 78/15) prema Zakonu o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14).

Na temelju dosadašnjih iskustava u ocjeni ekološke kakvoće, usporedbe s drugim sustavima ocjenjivanja iz Istočnokontinentalnog i Mediteranskog geografskog područja i provedenog post-interkalibracijskog postupka usklađenja, predlažemo da se nadalje koristi samo referentni indeks (RI), te da se odustane od daljnje upotrebe biocenološke metode opisane u *Metodologiji* (Hrvatske vode 2015) koja se pokazala teška za praktičnu upotrebu većini koja nije usko profesionalno specijalizirana za makrofitske zajednice. Nadalje, sve zemlje iz navedenih geografskih područja imaju samo po jednu metodu za ocjenu ekološke kakvoće na temelju makrofita, pa se time usklađujemo s praksom iz drugih zemalja. Vrijeme, mjesto, potrebna oprema i način uzorkovanja, kao i opis postupka laboratorijske obrade uzoraka za biološki element makrofita ostaju isti kako su opisani u *Metodologiji*.

Na svakoj postaji uzorkovane su sve vrste makrofita potrebne za ocjenu, ali i helofiti zbog potpunijeg uvida u vegetaciju i razumijevanja ekoloških odnosa i mogućih poremećaja. Uzorkovanje je obavljeno na odsječku obale od minimalno 50 m koji je po potrebi produživan dok se nije zaustavio prirast novih vrsta. Abundancija je procijenjena korištenjem devetstupanjske proširene Braun-Blanquet skale te petostupanjske skale po Kohleru. Granice istraživane plohe određene su krajnjim pojavljivanjem makrofita prema sredini rijeke. Sve vrste koje se nisu mogle odrediti na terenu sakupljene su kao herbarski primjerci (većina vaskularnih biljaka i mahovina) ili kao mokri preparati (uskoljni mrijesnjaci, paroži i ostale makroalge). Nakon determinacija podaci su organizirani u tablice i pripremljeni za izračun makrofitskog indeksa, odnosno za određivanje omjera ekološke kakvoće.

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.

Referentni indeks (RI) računa se prema formuli:

$$RI = \frac{\sum QA_i - \sum QC_i}{\sum Qg_i} 100$$

RI – Referentni indeks

QA<sub>i</sub> – količina i-te iz indikatorske grupe A

QC<sub>i</sub> – količina i-te iz indikatorske grupe C

Qg<sub>i</sub> – Količina i-te vrste iz svih grupa

nA – ukupan broj vrsta u grupi A

nC – ukupan broj vrsta u grupi C

ng – ukupan broj vrsta u svim grupama.

Kako bi se dobio omjer ekološke (EQR) kakvoće RI se transformira prema sljedećoj formuli:

$$EQR = \frac{(RI + 100) * 0,5}{100}$$

Dobivena vrijednost EQR se uspoređi s graničnim vrijednostima (Tablica 3).

### 5.3 Referentni uvjeti

Referentni uvjeti određeni su za svaki nacionalni biotički riječni tip na temelju ekspertne procjene i najmanje poremećenih lokaliteta (*least disturbed sites*), ukoliko su postojali. U tim uvjetima možemo razlikovati dva osnovna tipa makrofitskih zajednica unutar interkalibracijskog tipa R-M5. Samo na jednoj postaji zabilježena je još jedna dodatna zajednica.

- zajednica u kojoj dominiraju mahovine (PF) – 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).
- zajednica u kojoj dominiraju herbidi i drugi morfološki oblici vaskularnih biljaka (miriofilidi i magnopotamidi prije svega) (BN). 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.
- zajednica u kojoj dominiraju morfološki tipovi nimfeide i valisneride (Sp) – 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., *Hipuris vulgaris* i druge. Ova zajednica zabilježena je samo na jednoj postaji, Donji kanal, pritok Cetina kod Trilja i predstavlja izuzetak U Mediteranskoj subregiji.)

## 5.4 Granice klasa

Ekološki status raspodijeljen je u pet klasa: vrlo dobar, dobar, umjeren, loš i vrlo loš.

Granice klasa (Tablica 17) postavljene su u zone izrazite promjene sastava makrofitske zajednice analizom diskontinuiteta u odnosu okolišnih pritisaka i odgovora zajednice (pressure-response relationship) koji su podešeni ekspertnom procjenom temeljenom na promjenama u pridolasku tip specifičnih referentnih vrsta te tolerantnih vrsta. Granice klasa naknadno su modificirane na temelju provedenog post-interkalibracijskog postupka usklađenja za tekućice iz mediteranskog geografskog područja. Granice klasa određene su na ukupnom interkalibracijskom uzorku za Mediteransko geografsko područje u Hrvatskoj, a zatim dobivene granice za povremene tekućice umanjene za 0,5 s obzirom da se u njima ne može očekivati potpuno razvijena zajednica kao u stalnim vodotocima. Razlog takvom pristupu je bio mali broj postaja koje ne pokrivaju čitav gradijent degradacije. S druge strane, postojanje načelno istih zajednica omogućilo je takav pristup.

**Tablica 17.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće.

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Tumačenje
Vrlo dobro	PF	>0.65	Granica VD/D predstavlja četvrtinu (0,25) ispod vrijednosti medijana pri kojoj su vrste grupe A (referentne vrste) u jasnoj dominaciji, a vrste grupe C potpuno odsutne.
	BN	>0.60	
	Sp	>0.74	
Dobro	PF	0.42-0.64	Granica D/U je točka u kojoj vrste grupe B (indiferentne vrste) postaju dominantne, a vrste grupe A još uvijek dominiraju nad vrstama grupe C.
	BN	0.41-0.59	
	Sp	0.50-0.73	
Umjeren	PF	0.24-0.41	Granica U/L je postavljena kao srednja vrijednost gdje u zajednici počinju dominirati vrste grupe C (pokazatelji poremećaja), a vrste grupe A nestaju.
	BN	0.19-0.40	
	Sp	0.25-0.49	
Loše	PF	0-0.23	Granica L/VL je točka u kojoj se gubi makrofitska vegetacija.
	BN	0-0.18	
	Sp	0-0.24	
Vrlo loše	PF	-	Potpuni nestanak makrofitske vegetacije zbog antropogenog pritiska.
	BN	-	
	Sp	-	



## 5.5 Detektirani pritisci

Pritisci koje detektira metoda ocjene ekološkog stanja na temelju makrofita su eutrofikacija i opća degradacija. Na temelju rezultata analiza korelacije (Tablice 18 i 19) može se zaključiti da metoda detektira okolišne pritiske.

**Tablica 18.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti i fizikalno-kemijskih parametara vode.

	OEK			OEK	
	Pearsonov koeficijent korelacije	Značajnost		Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
log_t	-.241*	.035	t	-.177	.093
log_pH	.079	.279	pH	.101	.228
log_električna vodljivost	-.085	.266	električna vodljivost	-.343**	.005
log_ukupne suspendirane tvari	-.327**	.007	ukupne suspendirane tvari	-.340**	.005
log_alkalitet	-.266*	.023	alkalitet	-.371**	.002
log_tvrdoća	-.128	.172	tvrdoća	-.323**	.007
log_O <sub>2</sub> otopljeni	.297*	.012	O <sub>2</sub> otopljeni	.318**	.008
log_O <sub>2</sub> zasićenost	.220*	.050	O <sub>2</sub> zasićenost	.180	.091
log_NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-.586**	.000	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-.579**	.000
log_NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-.464**	.000	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-.413**	.001
log_NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-.300*	.012	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-.265*	.023
log_N_ukupni	-.468**	.000	N_ukupni	-.372**	.002
log_PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-.496**	.000	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-.455**	.000

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0.01.

\* . Korelacija je značajna na razini 0.05.

**Tablica 19.** Korelacijski koeficijenti između OEK vrijednosti i različitih mjera opće degradacije (EXT – % ekstenzivna poljoprivreda, INT – % intenzivna poljoprivreda, NAT – % prirodna i poluprirodna područja, ART – % urbanizirana područja).

	OEK			
	Pearsonov koeficijent korelacije	Značajnost	Spearmanov koeficijent korelacije	Značajnost
PST	-.048	.361	.001	.497
POE_T	-.210	.058	-.193	.075
POI_T	-.084	.266	-.274*	.019
PRI_T	.278*	.018	.333**	.006
URB_T	-.276*	.019	-.208	.061
long_con	-.091	.251	-.083	.270
morph	-.376**	.002	-.353**	.004
hydro	-.204	.064	-.239*	.036
total	-.393**	.001	-.354**	.003

\*\* . Korelacija je značajna na razini 0.01.

\* . Korelacija je značajna na razini 0.05.

## 5.6 Provjera usklađenosti s ODV

Da bi metoda za ocjenu ekološke kakvoće bila prihvatljiva potrebna je usklađenost s kriterijima ODV-a (Tablica 20).

**Tablica 20.** Popis kriterija i ocjena sukladnosti s ODV-om.

Kriteriji	Izvršeno
Ekološko stanje razvrstano je u jedan od pet razreda	da
Vrlo dobro, dobro i umjereno ekološko stanje postavljeno je u skladu s normativnim definicijama ODV-a (postupak postavljanja granica)	da
Uključeni su svi relevantni parametri koji utječu na biološke elemente kakvoće (BEK)	da
Procjena je prilagođena interkalibracijskim uobičajenim tipovima koji su definirani u skladu s tipološkim zahtjevima ODV-a, a odobreni od WG ECOSTAT-a	da
Vodeno se tijelo procjenjuje na temelju tipičnih, gotovo prirodnih referentnih uvjeta	da
Rezultati procjene izražavaju se kao OEK	da
Postupak uzorkovanja omogućava reprezentativne informacije o kvaliteti vode / ekološkom stanju u prostoru i vremenu	da
Svi podaci relevantni za procjenu bioloških parametara navedenih u normativnim definicijama ODV obuhvaćeni su postupkom uzorkovanja	da
Odabrana taksonomska razina postiže odgovarajuću pouzdanost i preciznost u razvrstavanju	da

## 5.7 Ujednačavanje granica klasa transformacijama

Kako je vidljivo iz Tablice 3 granice klasa na temelju vrijednosti OEK nisu jedinstvene, već se razlikuju ovisno o tipovima makrofitskih zajednica. Kako bi se granice klasa ujednačile (harmonizirale), provedene su linearne transformacije (*piecewise linear transformation*) navedene u Tablici 21.

**Tablica 21.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće i pripadajuće transformacijske jednadžbe kako bi se dobili ujednačeni i jedinstveni rasponi klasa za sve zajednice makrofita.

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Ujednačeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
Vrlo dobro	PF	>0.65	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.65)/0.35$
	BN	>0.60	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.60)/0.40$
	Sp	>0.74	>0.8	$0.8+0.2*(OEK-0.74)/0.26$
Dobro	PF	0.42-0.64	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.42)/0.23$
	BN	0.41-0.59	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.41)/0.19$
	Sp	0.50-0.73	0.6-0.79	$0.6+0.2*(OEK-0.50)/0.24$

Kategorija	Zajednica	Raspon OEK	Ujednačeni raspon OEK	Transformacijske jednadžbe
Umjereno	PF	0.24-0.41	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.24)/0.18$
	BN	0.19-0.40	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.19)/0.22$
	Sp	0.25-0.49	0.4-0.59	$0.4+0.2*(OEK-0.25)/0.25$
Loše	PF	0-0.23	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.24$
	BN	0-0.18	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.19$
	Sp	0-0.24	0.2-0.39	$0.2+0.2*(OEK)/0.25$
Vrlo loše	PF	-	<0.2	-
	BN	-	<0.2	-
	Sp	-	<0.2	-

Na temelju polinomijalnih transformacija granice klasa ekološke kakvoće za sve makrofitske zajednice u povremenim tekućicama Mediteranske subregije navedene su u Tablici 22.

**Tablica 22.** Klasifikacija OEK vrijednosti u kategorije ekološke kakvoće nakon provedenih polinomijalnih transformacija.

Kategorija	granica
H/G	0.8
G/M	0.6
M/P	0.4

## 5.8 Zaključak

Nacionalna metoda za ocjenu ekološkog stanja na temelju makrofita 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. Granice klasa postavljene u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama i modificirani na temelju provedenih post-interkalibracijskih usklađivanja za tekućice istočnokontinentalnog i mediteranskog geografskog područja. Granice klasa naknadno su ujednačene između svih makrofitskih zajednica polinomijalnim transformacijama.

## 5.9 Literatura

Alegro, A., 2019: Report on fitting of Croatian classification method for macrophytes in rivers to the results of the completed intercalibration of the Med GIG (R-M1 and R-M2) 1.0. Hrvatske vode, Zagreb.

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

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A., Foerster, J., 2006: Instruction Protocol for the Ecological Assessment of running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bavarian Environment Agency, Munich.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A., 2012: Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos (PHYLIB). Bayerisches Landesamt für Umwelt, Wielenbach.

## 6 Prijedlog novog sustava izračuna omjera ekološke kakvoće temeljem biološkog elementa makrozoobentos za interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8 EC GIG-a koje nije moguće interkalibrirati

Radna skupina:

Zlatko Mihaljević, Ivana Pozojević, Marko Miliša,

Zoologijski zavod, Biološki Odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

### 6.1 Uvod

Okvirna direktiva o vodama Europske unije 2000/60/EK (ODV) zahtijeva da se nacionalna klasifikacija dobrog ekološkog stanja uskladi s normativnim definicijama kroz interkalibracijski postupak, no za tipove rijeka koje nije moguće interkalibrirati važno je dokazati da njihovi sustavi ocjena prate osnovne odrednice te da konačna ocjena reagira na gradijent stresora. Ekološka kakvoća tekućica u Hrvatskoj, određuje se prema modulima saprobnosti i opće degradacije (Uredba o standardu kakvoće voda, 2013).

Za ocjenu ekološkog stanja temeljem makrozoobentosa, koriste se dva modula: modul opće degradacije i modul saprobnosti. Ovisno o biotičkim tipovima rijeka, moduli podrazumijevaju omjere ekološke kakvoće različitih metrika.

Modul saprobnosti ukazuje na opterećenje tekućica organskim tvarima te uzima u obzir sljedeće metrike: Ukupan broj svojiti (UBS), Udio oligosaprobnih indikatora (OSI %), BMWP bodovni indeks (BMWP), Prošireni biotički indeks (PBI) te Hrvatski saprobni indeks (SIHR). Hrvatski saprobni indeks je omjer zbroja indikatorskih vrijednosti zabilježenih vrsta sa zbrojem jedinki preračunatih po metru kvadratnom.

Modul opće degradacije ukazuje na ukupne antropogene promjene i uključuje ove metrike: Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H), Ritron indeks (RI), Udio svojiti koje preferiraju šljunak, litoral i pjeskoviti tip supstrata Akal+Lit+Psa (ALP%), Udio pobirača/sakupljača (P/S%), Indeks biocenotičkog područja (IBR), Broj svojiti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT-S), Udio predstavnika skupina Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT%), Broj porodica (BP) i Udio Oligochaeta u makrozoobentosu (OLI %).

Za interkalibracijski tip REX-7 (tip HR-R\_6) te REX-8 (HR-R\_7 i HR-R\_8) po hrvatskoj metodologiji koriste se trenutno tri različita multimetrička indeksa opće degradacije te dva multimetrička indeksa saprobnosti. Ovi tipovi tekućica spadaju u Dinaridsku kontinentalnu subekoregiju (Mihaljević i sur., 2011). U nastavku teksta nalaze se formule izračuna po trenutno važećoj hrvatskoj metodologiji za sve biotičke tipove koji su svrstani u interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8:

### Postojeći indeksi opće degradacije:

HR-R\_6 Gorske i prigrorske male tekućice (R-EX7)

$$\text{Op. Deg} = \frac{\frac{P}{S} \% + \text{IBR}}{2}$$

Metrike:

Udio pobirača/sakupljača (P/S %)

Indeks biocenotičkog područja (IBR)

HR-R\_7 Gorske i prigrorske srednje velike i velike tekućice (R-EX8)

$$\text{Op. Deg} = \frac{RI + \frac{P}{S} \% + \text{EPT}\% + \text{EPT}(S) + \text{IBC}}{5}$$

Metrike:

Ritron indeks (RI)

Udio pobirača/sakupljača (P/S %)

Udio predstavnika skupine Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT%)

Broj svojiti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT-S)

Indeks biocenotičkog područja (IBR)

HR-R\_8 Nizinske srednje velike i velike tekućice (R-EX8)

$$\text{Op. Deg} = \frac{H + RI + \frac{P}{S} \% + \text{EPT}(S) + \text{IBC}}{5}$$

Metrike:

Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H)

Ritron indeks (RI)

Udio pobirača/sakupljača (P/S %)

Udio predstavnika skupine Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT%)

Broj svojiti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT-S)

Indeks biocenotičkog područja (IBR)

### Postojeći indeksi saprobnosti:

HR-R\_6 Gorske i prigrorske male tekućice (R-EX7)

$$\text{Sapr.} = \frac{OEK_{UBS} + OEK_{OSI\%} + OEK_{SIHR} + OEK_{BMWP} + OEK_{PBI}}{5}$$

Metrike:

Ukupan broj svojti (UBS)

Udio oligosaprobnih indikatora (OSI%)

Hrvatski saprobni indeks (SIHR)

BMWP bodovni indeks (BMWP)

HR-R\_7 Gorske i prigorske srednje velike i velike tekućice (R-EX8)

$$Sapr. = \frac{OEK_{UBS} + OEK_{OSI\%} + OEK_{SIHR} + OEK_{BMWP} + OEK_{PBI}}{5}$$

Metrike:

Ukupan broj svojti (UBS)

Udio oligosaprobnih indikatora (OSI%)

Hrvatski saprobni indeks (SIHR)

BMWP bodovni indeks (BMWP)

HR-R\_8 Nizinske srednje velike i velike tekućice (R-EX8)

$$Sapr. = \frac{OEK_{UBS} + OEK_{SIHR} + OEK_{BMWP} + OEK_{PBI}}{4}$$

Metrike:

Ukupan broj svojti (UBS)

Hrvatski saprobni indeks (SIHR)

BMWP bodovni indeks (BMWP)

Prošireni biotički indeks (PBI)

## 6.2 Prijedlog novog sustava ocjene za tipove R-EX7 i R-EX8

Novopredloženi saprobni modul predstavlja normalizirane vrijednosti hrvatskog saprobnog indeksa ( $SI_{HR}$ ), koji je temeljen na Pantle Buck-ovom indeksu, ali s prilagođenim indikatorskim vrijednostima pojedinih svojti.

Modul opće degradacije predstavlja normalizirani multimetrički indeks četiriju metrika: Udio pobirača/sakupljača ([%] Gatherers/Collectors (scored taxa = 100%)), RFI (engl. *River fauna index*; indeks riječne faune), Margalef indeks raznolikosti (Diversity (Margalef Index)), te udio predstavnika skupine Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT [%] (abundance classes)).

Hrvatski nacionalni sustav ocjene ekološkog stanja prati odrednice ODV budući da uzima u obzir sve indikativne parametre (metrike) koji su navedeni u dokumentu CIS Guidance document No 14 (2011), a to su: metrike taksonomskog sastava, abundancije, udio osjetljivih i tolerantnih svojtim raznolikost te metrike koje ukazuju na nedostatak glavnih taksonomskih grupa (Tablica 23).

**Tablica 23.** Pregled grupa metrika koje sudjeluju u hrvatskom nacionalnom sustavu ocjene ekološkog stanja za tipove R-EX7 i R-EX8

Zemlja članica	Taksonomski sastav	Abundancija	Osjetljive / tolerantne svojte	Raznolikost	Nedostatak glavnih taksonomskih grupa
HR	x	x	x	x	x

## 6.3 Prijedlog novog indeksa opće degradacije

Glavni nedostatak postojećih indeksa opće degradacije je nedostatak metrike koja odgovara na pritisak hidromorfološke alternacijetekućica, a koji je u Europskim rijekama utvrđen kao jedan od glavnih uzročnika lošeg ekološkog stanja tekućica. U tu svrhu je za interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX 8 razvijen novi indeks riječne faune, sa jedinstvenom indikatorskom listom svojti prilagođenom za navedene tipove rijeka.

### Indeks riječne faune

Indeks riječne faune izrađen je temeljem podataka o sastavu zajednice makrozoobentosa i hidromorfološke ocjene tekućica koje pripadaju interkalibracijskim tipovima R-EX7 i R-EX8. Za izračun indeksa riječne faune (RFI) koristimo slijedeću formulu:

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



Gdje je:

$ac_i$  – razred brojnosti svojte  $i$

$Rf_i$  – vrijednost riječne faune svojte  $i$

$HW_i$  – hidromorfološka indikatorska težina svojte  $i$

Hidromorfološke indikatorske vrijednosti i indikatorske težine bile su određene za 324 svojte makrozoobentosa na temelju odnosa s hidromorfološkim ocjenama (Urbanič 2014). U navedenu svrhu korištena je kanonička analiza podudarnosti (CCA analiza). U ovoj studiji određene su hidromorfološke indikatorske vrijednosti i indikatorske težine za svojte makrozoobentosa, koje su zabilježene u setu od 40 uzorka. Hidromorfološke indikatorske vrijednosti, odnosno vrijednosti riječne faune ( $Rf_i$ ) bile su određene korištenjem vrijednosti svojti (species scores) prve CCA osi (engl. biplot scaling):

$$Rf_i = \frac{SC\_CCA1_i}{SC\_CCA1_{\max}}$$

Gdje je:

$SC\_CCA1_i$  - vrijednosti prve CCA osi svojte  $i$ ,

$SC\_CCA1_i$  – apsolutna maksimalna vrijednost svojti prve CCA osi

Hidromorfološke indikatorske težine ( $HM_i$ ) određene su temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (engl. root mean squared deviation for species) prve CCA osi prema Tablici 24.

**Tablica 24.** Način određivanja hidromorfološke težine ( $HM_i$ ) pojedinih svojti temeljem tolerantnih vrijednosti svojti (root mean squared deviation for species) prve CCA osi

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

Uz navedeni indeks, multimetrički indeks opće degradacije koriti i sljedeće metrike koje se računaju u računalnom programu Asterics: Udio pobirača/sakupljača ([%] Gatherers/Collectors (scored taxa = 100%)), Margalef indeks raznolikosti (Diversity (Margalef Index)) te udio predstavnika skupine Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT [%] (abundance classes)).

$$Op. Deg = \frac{2 * OEK_{RFI} + OEK_{P/S\%} + OEK_{Margalef} + OEK_{EPT\%}}{5}$$

### **6.3.1. Uzorkovanje i analiza podataka**

U revidiranju biološke metode za ocjenu stanja tekućica Panonske ekoregije temeljem makrozoobentosa, sljedeći elementi nisu promijenjeni:

- a. Uzorkovanje
- b. Laboratorijska obrada uzoraka
- i. Mikroskopiranje
- ii. Determinacija
- iii. Kvantifikacija
- iv. Računalna obrada podataka

te prate "Metodologiju uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće", koja je donesena Odlukom Hrvatskih voda sukladno 6. Uredbi o standardu kakvoće voda (Narodne novine, br. 73/13, 151/14 i 78/15) prema Zakonu o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14).

Sljedeći elementi biološke metode za ocjenu stanja ekološke kakvoće tekućica Panonske ekoregije su izmijenjeni (njihove nove izvedbe i objašnjena razloga izmjene nalaze se dalje u tekstu):

- i. Izračunavanje indeksa/pokazatelja za ocjenu ekološkog stanja
- ii. Pokazatelji/indeksi za ocjenu ekološkog stanja
- iii. Referentne zajednice i opis bioloških zajednica u vrlo dobrom, dobrom i umjerenom stanju
- iv. Referentne i najlošije vrijednosti pokazatelja ekološkog stanja
- v. Izračunavanje ekološkog stanja u pojedinačnom modulu
- vi. Utvrđivanje granica klasa
- vii. Izračunavanje omjera ekološke kakvoće (OEK)

### **6.3.2. Utvrđivanje referentnih uvjeta**

Utvrđivanje referentnih uvjeta uza interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8 prati granice zadane prema Opartilova (2011):

Hydromorfološke alternacije: Nisu prisutne ili su neznajne (vrijednosti svih ocjena  $\leq 2$ )

Korištenje zemljišta u slivnom području

<0.8% urbane površine u slivu

< 50 Land Use Indeks

Granice fizikalnih i kemijskih pokazatelja:

BPK<sub>5</sub> <2.4 mg/l

P-PO<sub>4</sub> <0.04 mg/l

N-NO<sub>3</sub> <6 mg/l

N-NH<sub>4</sub> <0.1 mg/l

Također je važno da na referentnoj postaji nema nikakvih izvora onečišćenja kao što su direktni utjecaj otpadnih voda, izraženo lokalno zagađenje i sl.

### 6.3.3. Određivanje granica klasa

Hrvatska metodologija određivanja ekološkog stanja za tipove R-EX7 i R-EX8 primjenjuje takozvani modularni sistem, a konačnu ocjenu predstavlja niža vrijednost od dvaju modula. Granične vrijednosti određene prema „klasičnom“ modelu ODV: 0.8, 0.6, 0.4 te 0.2.

#### Saprobni modul

Referentne vrijednost za  $SI_{HR}$  za interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8 određene su kao 10-ti percentil referentnih postaja po pojedinom tipu (Tablica 25). Referentna vrijednost saprobnog indeksa za oba tipa iznosi: 1.8, a ostale granice raspoređene su ekvidistalno do najlošije teoretske vrijednosti (3.6).

**Tablica 25.** Karakteristike referentnih postaja u interkalibracijskim tipovima R-EX7 i R-EX8 te vrijednosti saprobnog indeksa po pojedinoj postaji.

Šifra	Mjerna postaja	IC tip	Average score		NO3 (mgNO3/l)	Ortofosfati (mgP/l)	Amonij (mgNH4/l)	LUI	$SI_{HR}$
			per Taxon	BPK <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)					
11075	Bregana, Divlje vode	R-EX7	6.44	0.69	1.75	0.02	0.01	17.55	2.10
16243	Kupčina, Žamarija	R-EX7	6.69	0.87	1.70	0.02	0.01	14.69	1.89
51156	Lipovečka gradna, Smerovišće	R-EX7	6.48	1.10	1.87	0.02	0.01	12.50	1.77
16561	Slapnica, prije utoka u Kupčinu	R-EX7	6.83	0.72	1.74	0.01	0.00	28.24	1.98
16587	Vitunjčica, most na cesti Turovići Ogulinski-Brestovac	R-EX7	7.17	1.43	1.29	0.01	0.00	20.64	2.07
Referentna vrijednost $SI_{HR}$ za tip R-EX7 (10-ti percentil referentnih postaja):									1.8
16590	Globornica, Medići (Generalski Stol)	R-EX8	6.64	1.40	1.36	0.01	0.00	21.76	2.01
30061	Rječina, Drastin	R-EX8	6.86	1.38	0.64	0.00	0.00	13.02	1.97
30063	Rječina, Kukuljani	R-EX8	7.00	1.29	0.64	0.00	0.00	0	1.89
16339	Slunjčica, uzvodno od crpilišta Slunj	R-EX8	6.79	1.37	1.29	0.01	0.00	37.24	1.77
Referentna vrijednost $SI_{HR}$ za tip R-EX8 (10-ti percentil referentnih postaja):									1.8

## Modul opće degradacije

Referentne vrijednosti za svaku metriku multimetričkog indeksa opće degradacije određene su kao medijan vrijednosti pojedine metrike među referentnim postajama (Tablica 26 i 27). Najlošije vrijednosti za pojedinu metriku za oba interkalibracijska tipa su ista te predstavljaju najnižu vrijednost pojedine metrike u čitavom setu podataka

**Tablica 26.** Granice klasa i rasponi metrika pri izračunu multimetričkog indeksa opće degradacije za interkalibracijski tip R-EX7

Tip metrike	Funkcionalna	Taksonomski sastav/abundancija/ glavne taksonomske grupe	Raznolikost	Osjetljivost /Tolerantnost
<b>R-EX7 granice metrika</b>	<b>Gatherers/Collectors (scored taxa = 100%)</b>	<b>EPT [%] (abundance classes)</b>	<b>Diversity (Margalef Index)</b>	<b>RFI</b>
Referentna vrijednost	48.4	40.54	5.08	0.45
najlošija vrijednost	19.09	4.76	2.05	-0.02
max u tipu R-EX7	68.78	45.30	7.93	0.70
min u tipu R-EX7	19.09	4.76	2.05	-0.02

**Tablica 27.** Granice klasa i rasponi metrika pri izračunu multimetričkog indeksa opće degradacije za interkalibracijski tip R-EX8

Tip metrike	Funkcionalna	Taksonomski sastav/abundancija/ glavne taksonomske grupe	Raznolikost	Osjetljivost /Tolerantnost
<b>R-EX8 granice metrika</b>	<b>Gatherers/Collectors (scored taxa = 100%)</b>	<b>EPT [%] (abundance classes)</b>	<b>Diversity (Margalef Index)</b>	<b>RFI</b>
Referentna vrijednost	56.88	36.80	3.73	0.40
najlošija vrijednost	19.09	4.76	2.05	-0.02
max u tipu R-EX8	62.35	47.27	7.5	0.67
min u tipu R-EX8	19.87	16.13	2.8	0.23

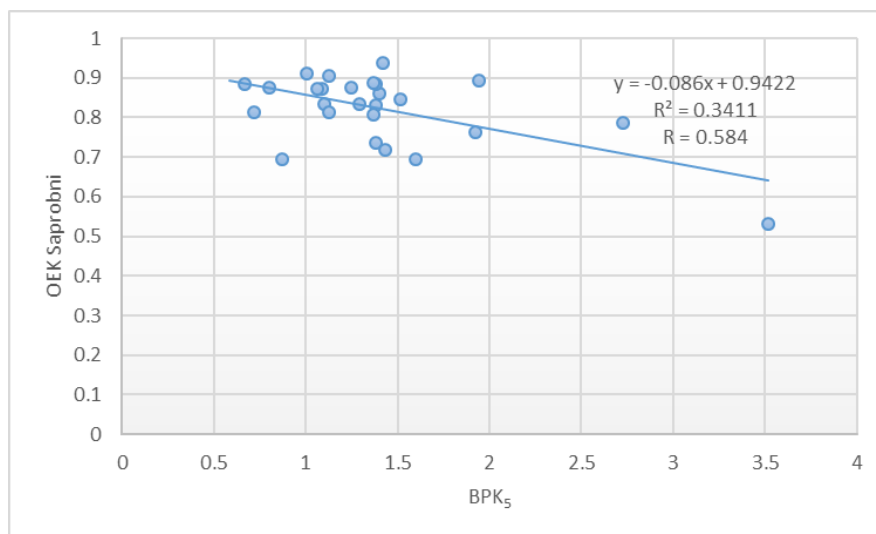
#### 6.3.4. Odziv na pritiske

Hrvatska nacionalna metoda za ocjenu ekološkog stanja u interkalibracijskim tipovima R-EX7 i R-EX8 adresira sljedeće pritiske: neprirodne površine zemljišnog pokrova u slivnom području, opterećenje organskim tvarima, eutrofikacija, degradacija staništa te hidromorfološke promjere. Saprobní modul odgovara na pritiske vezane za organsko opterećenje, dok modul opće degradacije reagira na sve ostale tipove pritisaka. Konačna ocjena je niža vrijednost među dvama modulima te automatski daje sugestiju koji je pritisak najizraženiji na zadanoj postaji.

Tekućice koje su svrstavane u tipove R-EX7 i R-EX8 nalaze se u Dinaridskoj ekoregiji gdje, u odnosu na Panonsku ekoregiju, ima relativno malo obradivih površina (intenzivne poljoprivrede), ali i relativno slabija naseljenost te manje urbanih područja. Navedeno za posljedicu ima relativno slabi gradijent pritisaka koji su povezani sa zemljišnim pokrovom, ali i hranjivim tvarima. Stoga ne čudi kako je 36 od 40 obrađenih postaja u ovim interkalibracijskim tipovima ocijenjeno sa dobrim ili vrlo dobrim ekološkim stanjem. Za potrebe izrade gradijenta pritisaka za navedene elemente, korišteni su podaci iz interkalibracijskih tipova R-EX5 i R-EX6 EC-GIGa.

Blagi gradijent organskog opterećenja prisutan je u ovim tekućicama budući da su gorski i prigorski vodotoci u velikoj mjeri okruženi šumskim staništem koji vodotoke opskrbljuje velikom količinom listinca. Kao dominantan pritisak u ovim vodotocima, ističemo hidromorfološke alternacije.

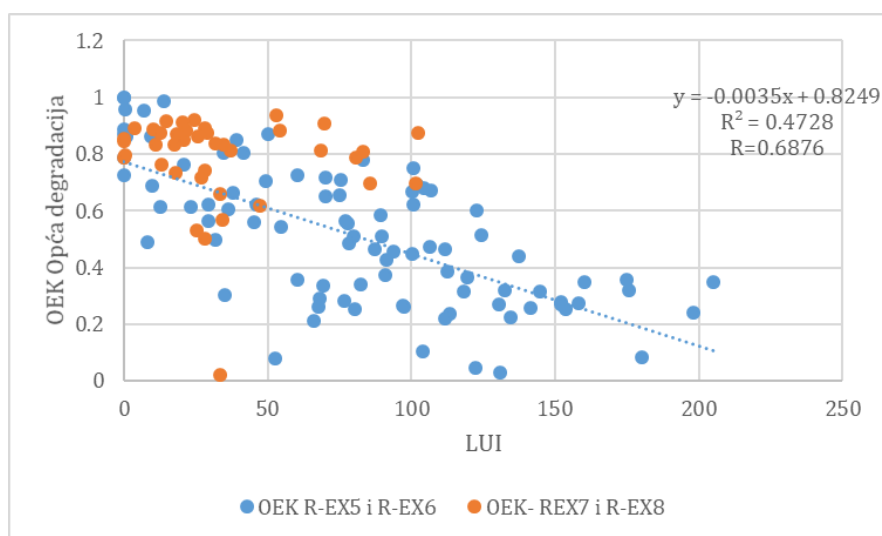
## Organsko opterećenje



**Slika 6.** Linearna regresija između vrijednosti modula saprobnosti (OEK Saprobni) i BPK<sub>5</sub> (Biološka potrošnja kisika) za postaje interkalibracijskih tipova R-EX7 i R-EX8.

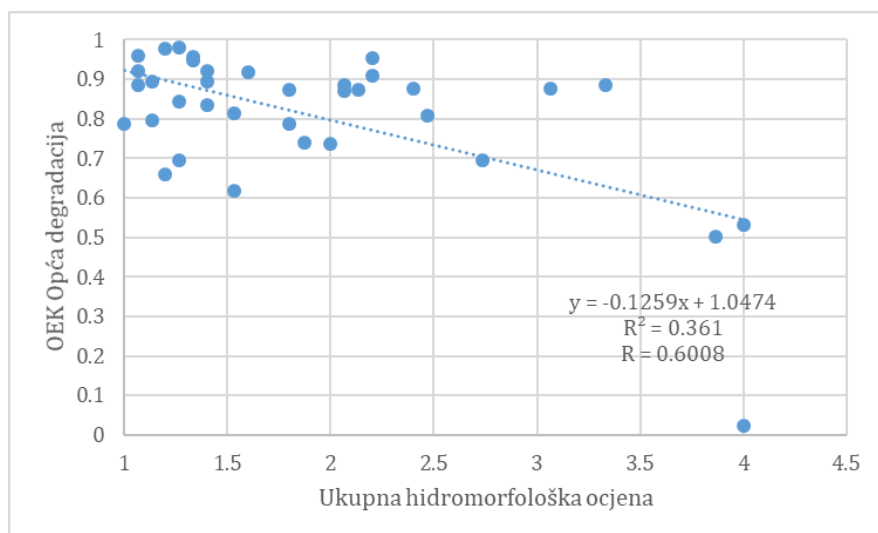
## Opća degradacija

### Korištenje zemljišta u slivnom području



**Slika 7.** Linearna regresija između vrijednosti modula opće degradacije (OEK Opća degradacija) i Land Use Indeksa (LUI) za postaje interkalibracijskih tipova R-EX7 i R-EX8 te IC tipove R-EX5 i R-EX6.

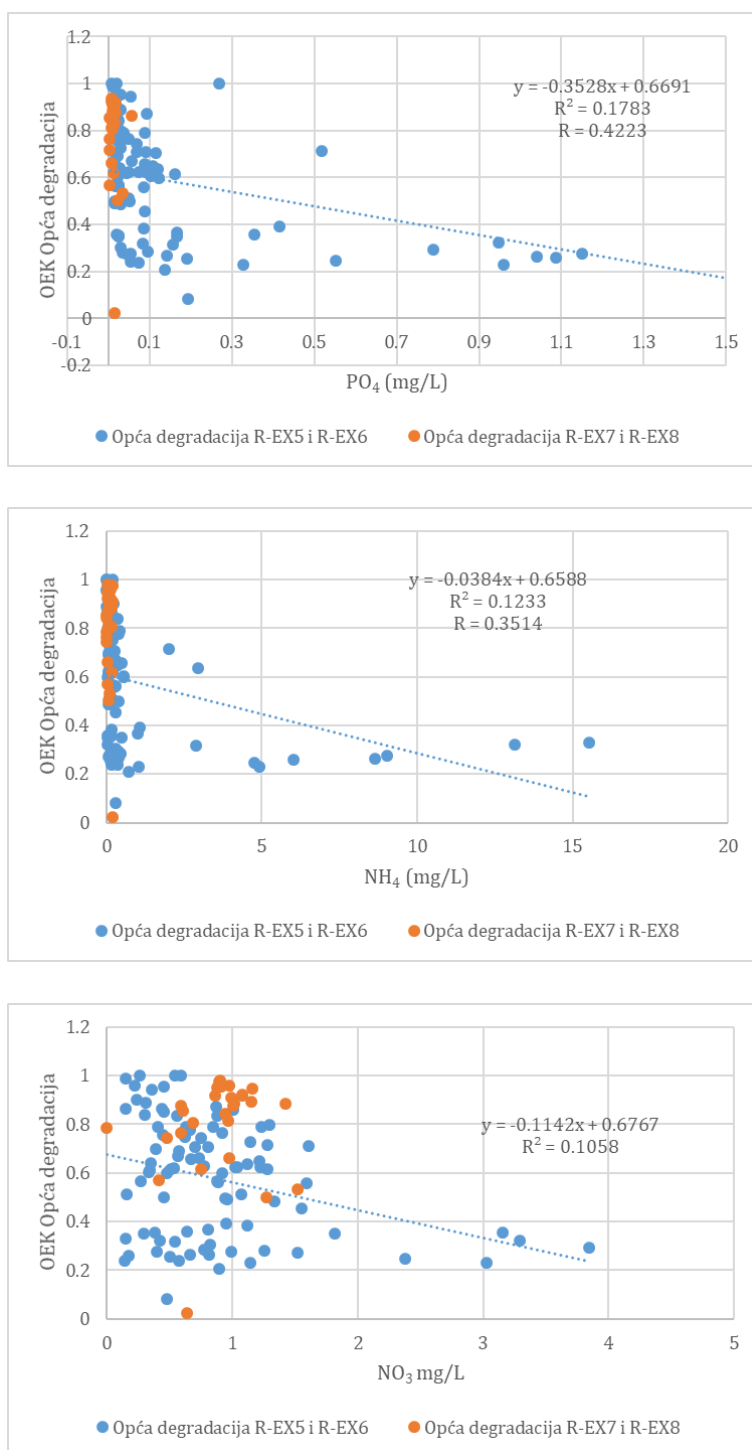
## Hidromorfologija



**Slika 8.** Linearna regresija između vrijednosti modula opće degradacije (OEK Opća degradacija) i ukupne hidromorfološke ocjene za postaje interkalibracijskih tipova R-EX7 i R-EX8.



## Kemijski parametri u vodi



**Slika 9.** Linearna regresija između vrijednosti modula opće degradacije(OEK Opća degradacija) i koncentracije ortofosfata, amonijaka i nitrata za postaje interkalibracijskih tipova R-EX7 i R-EX8.

## Sukladnost metoda s odrednicama ODV

Iz Tablice 28 vidljivo je da nacionalna metoda za tipove R-EX7 i R-EX8 odgovara svih zahtjevima koje određuje ODV.

**Tablica 28.** Popis kriterija i odrednica ODV za nove metode

Kriterij	Nacionalna metoda za tipove R-EX7 i R-EX8 zadovoljava
Ekološko stanje definirano u 5 klasa	+
Granice klasa postavljene prema normativnim definicijama	+
Svi relevantni parametri uključeni u metodu ocjene	+
Referent postaje	+
Konačna ocjena u obliku OEK	+
Uzorkovanje je vremenski i prostorno reprezentativno	+ (AQEM Consortium 2002)
Biološki parametri u ocjeni stanja podudaraju se normativima ODV	+
Taksonomska razina adekvatna traženim metrikama	+

## 6.4 Podudarnost s interkalibracijskim procesom

Proces interkalibracije u idealnom slučaju pokriva sve Nacionalne metode, no svakako je važno da se ne uspoređuju tipovi koji su neusporedivi („kruške i jabuke“; Birk i sur., 2016).

### Tipologija

**Tablica 29.** Zajednički interkalibracijski R-EX7 i R-EX8 EC GIG-a te pripadajući hrvatski tipovi rijeka.

Naziv biotičkog tipa rijeke	Oznaka abiotičkog tipa rijeke	Oznaka biotičkog tipa rijeke	Oznaka interkalibracijskog tipa rijeke
<b>GORSKE I PRIGORSKE MALE TEKUĆICE</b>			
Prigorske male tekućice u vapnenačkoj podlozi	11B	HR-R_6	R-EX7
<b>GORSKE I PRIGORSKE SREDNJE VELIKE I VELIKE TEKUĆICE</b>			
Prigorske srednje velike tekućice u vapnenačkoj podlozi	12B	HR-R_7	R-EX8
<b>NIZINSKE SREDNJE VELIKE I VELIKE TEKUĆICE</b>			
Nizinske srednje velike tekućice u vapnenačkoj podlozi	14B	HR-R_8A	R-EX8

Prema sadašnjoj klasifikaciji (Mihaljević i sur., 2011), hrvatska tipologija unutar interkalibracijskog tipa R-EX8 razlikuje dva biološka tipa: HR-R\_7 i HR-R\_8A. Zbog nedostatka cjelovitih setova podataka koji obuhvaćaju sve biološke elemente ali i stresore (poglavito hidromorfologiju), predlažemo da ova dva HR tipa trenutno zadrže isti sustav ocjenjivanja. Budući da su monitoring i istraživački naponi na postajama ovih tipova i dalje aktivni, držimo da ćemo u skoroj budućnosti, uz adekvatnu bazu podataka, biti u mogućnosti stvoriti vlastite granice za oba tipa unutar R-EX8.

## 6.5 Opis zajednica makrozoobentosa

### **Zajednica pri vrlo dobrom ekološkom stanju**

U zajednicama vrlo dobrog ekološkog stanja tipa R-EX7 i R-EX8, EPT svojte prisutne su s 30% (ili više) ukupne abundancije svih makroskopskih beskrležnjaka. Funkcionalna skupina sakupljača je relativno dominantna s 45% (ili više) ukupne brojnosti. Prisutna je velika lokalna raznolikost. Prisutne su vrste osjetljive na hidromorfološke aternacije kao što su *Ancylus fluviatilis*, *Synurella ambulans* te *Electrogena ujhelyii*, ali i vrste osjetljive na organsko opterećenje

### **Zajednica pri dobrom ekološkom stanju**

U zajednicama vrlo dobrog ekološkog stanja tipa R-EX7 i R-EX8, EPT svojte prisutne su s 25% (ili više) ukupne abundancije svih makroskopskih beskrležnjaka. Funkcionalna skupina sakupljača je relativno brojna s 40% (ili više) ukupne brojnosti. Prisutna je relativno velika lokalna raznolikost. Prisutne su vrste osjetljive na hidromorfološke aternacije, ali i vrste osjetljive na organsko opterećenje

### **Zajednica pri dobrom ekološkom stanju**

U zajednicama vrlo dobrog ekološkog stanja tipa R-EX7 i R-EX8, EPT svojte prisutne su s 20-ak % ukupne abundancije svih makroskopskih beskrležnjaka. Funkcionalna skupina sakupljača je relativno brojna s oko 30% ukupne brojnosti. Lokalna raznolikost smanjena je u odnosu na postaje u dobrom i vrlo dobrom stanju. Prisutne su vrste osjetljive na hidromorfološke aternacije, ali i vrste osjetljive na organsko opterećenje, no one nisu toliko brojne kao na postajama u dobrom i vrlo dobrom stanju.

## 6.6 Literatura

AQEM Consortium 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates. developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1. February 2002, 198 pp.

Birk S. Böhmer J. Schöll F. 2016. XGIG Large River Intercalibration Exercise - Milestone 6 Report - Intercalibrating the national classifications of ecological status for very large rivers in Europe – Biological Quality Element: Benthic Invertebrates - Version 2, 228 p.

CIS Guidance Document No. 14. 2011. Guidance document on the intercalibration process 2008–2011. Implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). European Commission. Technical report-2011-045.

European Union 2013. Commission decision of 20 September 2013 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2008/915/EC.

Mihaljević Z. Kerovec M. Mrakovčić M. Plenković A. Alegro A. Primc-Habdija B. 2011. Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije. PMF. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb. [Testing of biological methods for ecological status assessment (Water framework directive 2000/60/EC) in representative river basins of the Pannonian and Dinaric ecoregions].

Opatrilova L. (ed) 2011. WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 5 report – River/EC GIG/Benthic Invertebrates. European Commission Directorate General. JRC. Institute of Environment and Sustainability.

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

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

Willby N. Birk S. Poikane S. van de Bund W. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Manual – Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration. JRC Technical Report. Luxembourg. Ispra.

**Prilog 1.** Lista svojti sa hidromorfološkom indikatorskom vrijednošću (Rfi) i težinom indikacije (HWi) za potrebe izračuna indeksa riječne faune za interkalibracijske tipove R-EX7 i R-EX8.

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
4205	<i>Acroloxus lacustris</i>	0.903564	4
4293	<i>Amphinemura sp.</i>	0.157169	1
4298	<i>Anabolia furcata</i>	0.734007	4
4308	<i>Anax imperator</i>	0.730195	5
4310	<i>Ancylus fluviatilis</i>	0.541897	5
4317	<i>Anisus spirorbis</i>	1	5
4331	<i>Antocha vitripennis</i>	0.518328	4
4363	<i>Atherix ibis</i>	0.482879	4
4364	<i>Ibisia marginata</i>	0.396353	4
4369	<i>Athripsodes cinereus</i>	0.042183	5
4371	<i>Athripsodes sp.</i>	0.396608	3
4377	<i>Aulodrilus pluriseta</i>	0.139127	4
4380	<i>Baetidae Gen. sp.</i>	0.61343	4
4382	<i>Baetis alpinus-Gr.</i>	0.710692	1
4397	<i>Baetis fuscatus</i>	0.357728	1
4405	<i>Baetis liebenauae</i>	0.993457	5
4408	<i>Baetis melanonyx</i>	0.714948	5
4409	<i>Baetis muticus</i>	0.65053	1
4415	<i>Baetis rhodani</i>	0.431866	1
4419	<i>Baetis sp.</i>	0.282638	1
4427	<i>Baetis vernus</i>	0.433708	5
4444	<i>Beraeodes minutus</i>	0.745251	5
4479	<i>Brachycentrus montanus</i>	0.640493	5
4489	<i>Brachyptera sp.</i>	0.876818	1
4498	<i>Brychius elevatus Lv.</i>	0.042183	5
4519	<i>Caenis horaria</i>	0.451941	4
4521	<i>Caenis luctuosa</i>	-0.07223	1
4528	<i>Caenis sp.</i>	0.060479	3
4530	<i>Calopteryx splendens</i>	0.153993	3
4531	<i>Calopteryx sp.</i>	1	5
4532	<i>Calopteryx virgo</i>	0.457087	3
4574	<i>Procloeon pennulatum</i>	0.580903	5
4585	<i>Ceratopogonidae Gen. sp.</i>	-0.04688	1
4627	<i>Chaetopteryx sp.</i>	0.73731	5
4638	<i>Chelifera sp.</i>	0.358173	5

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
4639	<i>Cheumatopsyche lepida</i>	0.818754	5
4642	<i>Chironomidae Gen. sp.</i>	0.428816	4
4644	<i>Chironomini Gen. sp.</i>	-0.11333	1
4663	<i>Chironomus sp.</i>	0.042183	5
4671	<i>Chloroperla sp.</i>	0.699828	5
4674	<i>Chloroperlidae Gen. sp.</i>	0.410076	5
4709	<i>Cloeon sp.</i>	0.730195	5
4719	<i>Coenagrion puella</i>	0.608665	4
4722	<i>Coenagrion sp.</i>	0.730195	5
4723	<i>Coenagrionidae Gen. sp.</i>	0.714821	5
4813	<i>Criodrilus lacuum</i>	0.042183	5
4859	<i>Cyphon sp. Lv.</i>	0.519027	3
4877	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	0.627216	4
4950	<i>Diamesinae Gen. sp.</i>	-0.76272	1
4955	<i>Dicranota sp.</i>	0.610444	4
4982	<i>Dinocras sp.</i>	0.673464	4
4990	<i>Dixidae Gen. sp.</i>	0.580903	5
5017	<i>Dryops sp. Lv.</i>	0.579061	4
5021	<i>Dugesia sp.</i>	0.480274	4
5024	<i>Dytiscidae Gen. sp. Lv.</i>	1	5
5048	<i>Ecdyonurus macani</i>	0.714948	5
5053	<i>Ecdyonurus sp.</i>	0.329522	1
5054	<i>Ecdyonurus starmachi</i>	-0.10171	3
5057	<i>Ecdyonurus torrentis</i>	0.80465	5
5058	<i>Ecdyonurus venosus</i>	0.552633	5
5075	<i>Eiseniella tetraedra</i>	-0.16187	1
5077	<i>Electrogena affinis</i>	0.790483	5
5080	<i>Electrogena lateralis</i>	0.433708	5
5081	<i>Electrogena quadrilineata</i>	0.640302	2
5083	<i>Electrogena sp.</i>	0.588209	4
5084	<i>Electrogena ujhelyii</i>	0.848294	2
5095	<i>Elmis sp. Lv.</i>	0.493933	4
5097	<i>Empididae Gen. sp.</i>	-0.03843	1
5101	<i>Enchytraeidae Gen. sp.</i>	0.816339	1
5124	<i>Ephemera danica</i>	0.363255	1

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
5129	<i>Ephemera vulgata</i>	0.759672	4
5131	<i>Serratella ignita</i>	0.614256	4
5135	<i>Ephemerella mucronata</i>	0.592402	4
5159	<i>Erpobdella octoculata</i>	0.524681	3
5160	<i>Erpobdella sp.</i>	0.742265	5
5169	<i>Esolus sp. Lv.</i>	0.536179	4
5288	<i>Gammarus fossarum</i>	0.4757	1
5292	<i>Gammarus roeselii</i>	0.49946	5
5304	<i>Glossiphonia complanata</i>	0.719459	4
5316	<i>Glossosoma sp.</i>	0.726129	5
5332	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0.49946	5
5354	<i>Gyraulus albus</i>	0.521886	4
5356	<i>Gyraulus crista</i>	1	5
5357	<i>Gyraulus laevis</i>	-0.53567	5
5359	<i>Gyraulus sp.</i>	0.730195	5
5364	<i>Gyrinus sp. Lv.</i>	0.590051	5
5367	<i>Habroleptoides confusa</i>	0.404358	2
5369	<i>Habrophlebia fusca</i>	0.822819	5
5370	<i>Habrophlebia lauta</i>	0.500604	4
5371	<i>Habrophlebia sp.</i>	0.571374	1
5373	<i>Haemopsis sanguisuga</i>	1	5
5396	<i>Haliplus sp. Lv.</i>	0.742265	5
5400	<i>Haplotaxidae Gen. sp.</i>	0.612858	4
5401	<i>Haplotaxis gordioides</i>	0.400292	3
5413	<i>Helobdella stagnalis</i>	0.628296	3
5418	<i>Elodes sp. Lv.</i>	0.915825	5
5456	<i>Heptagenia sp.</i>	0.66889	4
5458	<i>Heptageniidae Gen. sp.</i>	0.047837	2
5483	<i>Hippeutis complanatus</i>	0.708151	5
5499	<i>Hydatophylax infumatus</i>	0.909409	5
5502	<i>Hydra sp.</i>	0.395591	5
5531	<i>Hydraena sp. Ad.</i>	0.596849	4
5547	<i>Hydrophilidae Gen. sp. Lv.</i>	-0.53567	5
5594	<i>Hydropsyche dinarica</i>	0.590051	5
5598	<i>Hydropsyche instabilis</i>	0.501556	5
5605	<i>Hydropsyche sp.</i>	0.080745	1

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
5616	<i>Hydroptila sp.</i>	0.359253	1
5658	<i>Ischnura elegans</i>	0.80554	5
5673	<i>Isoperla sp.</i>	0.412934	3
5701	<i>Laccobius sp. Lv.</i>	0.042183	5
5723	<i>Lepidostoma hirtum</i>	0.669652	4
5726	<i>Leptoceridae Gen. sp.</i>	0.626263	4
5790	<i>Leuctra sp.</i>	0.461661	4
5809	<i>Limnephilidae Gen. sp.</i>	0.511975	3
5824	<i>Limnephilus decipiens</i>	0.80554	5
5837	<i>Limnephilus lunatus</i>	0.73604	4
5841	<i>Limnephilus rhombicus rhombicus</i>	0.90979	2
5844	<i>Limnephilus sp.</i>	0.553459	3
5853	<i>Limnius sp. Lv.</i>	0.568198	4
5862	<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	0.818754	5
5863	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-0.24395	1
5896	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	0.453402	5
5900	<i>Lumbricidae Gen. sp.</i>	-0.8225	5
5907	<i>Lumbriculus variegatus</i>	-0.55689	1
5984	<i>Micrasema minimum</i>	0.569214	4
5986	<i>Micrasema sp.</i>	0.395591	5
6002	<i>Micronecta sp.</i>	0.448574	5
6062	<i>Mystacides azurea</i>	0.475446	4
6064	<i>Mystacides nigra</i>	0.730195	5
6065	<i>Mystacides sp.</i>	0.519599	3
6068	<i>Naididae Gen. sp.</i>	0.699828	5
6071	<i>Nais bretscheri</i>	0.207547	1
6072	<i>Nais communis</i>	0.341656	2
6073	<i>Nais elinguis</i>	-0.78229	1
6074	<i>Nais pardalis</i>	0.37666	2
6075	<i>Nais pseudobtusa</i>	0.411791	5
6108	<i>Nemoura sp.</i>	0.866717	1
6127	<i>Niphargus sp.</i>	0.727717	1
6168	<i>Odontocerum albicorne</i>	0.611206	4
6173	<i>Oecetis ochracea</i>	0.80554	5
6175	<i>Oecetis testacea</i>	0.395591	5
6208	<i>Orthocladinae Gen. sp.</i>	-0.54012	1



## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
6260	<i>Oulimnius sp. Lv.</i>	0.278826	2
6308	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	0.434343	5
6309	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	0.955022	3
6372	<i>Perla sp.</i>	0.085382	2
6377	<i>Perlodes sp.</i>	0.671495	5
6396	<i>Physella acuta</i>	0.49946	5
6425	<i>Pisidium sp.</i>	0.532939	3
6438	<i>Platycnemis pennipes</i>	0.655613	4
6447	<i>Plectrocnemia sp.</i>	0.864494	4
6468	<i>Polycentropus flavomaculatus flavomaculatus</i>	0.909409	5
6472	<i>Polycentropus sp.</i>	0.909409	5
6521	<i>Potamophylax cingulatus cingulatus</i>	0.580903	5
6526	<i>Potamophylax rotundipennis</i>	0.818754	5
6527	<i>Potamophylax sp.</i>	0.506512	3
6534	<i>Potamotheirus sp.</i>	0.77638	4
6560	<i>Pristina sp.</i>	0.637698	5
6583	<i>Prodiamesa olivacea</i>	0.18563	3
6591	<i>Prosimulium sp.</i>	0.404739	5
6616	<i>Protonemura sp.</i>	0.568642	3
6621	<i>Psammoryctides barbatus</i>	0.3799	5
6662	<i>Psychomyia sp.</i>	0.552633	5
6663	<i>Psychomyiidae Gen. sp.</i>	0.552633	5
6673	<i>Radix sp.</i>	0.655803	4
6745	<i>Rhithrogena semicolorata-Gr.</i>	0.369672	3
6747	<i>Rhithrogena sp.</i>	0.735722	5
6754	<i>Rhyacodrilus coccineus</i>	0.433708	5
6765	<i>Rhyacophila fasciata fasciata</i>	-0.30189	1
6780	<i>Rhyacophila sp.</i>	0.401372	3
6784	<i>Rhyacophila tristis</i>	0.580903	5
6789	<i>Rhynchelmis limosella</i>	0.580903	5
6797	<i>Riolus sp. Lv.</i>	0.363573	4
6818	<i>Sericostoma sp.</i>	0.609872	4
6821	<i>Sialis fuliginosa</i>	0.80554	5
6823	<i>Sialis sp.</i>	0.695381	5
6834	<i>Silo pallipes</i>	0.550283	5
6835	<i>Silo piceus</i>	0.395591	5
6836	<i>Silo sp.</i>	0.72956	5

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
6853	<i>Simulium sp.</i>	0.483641	2
6859	<i>Siphonurus aestivalis</i>	0.781208	4
6862	<i>Siphonurus croaticus</i>	0.864113	5
6863	<i>Siphonurus lacustris</i>	0.49946	5
6864	<i>Siphonurus sp.</i>	0.567562	1
6886	<i>Sphaerium sp.</i>	0.730195	5
6890	<i>Emblocephalus velutinus</i>	0.668191	3
6935	<i>Stylodrilus heringianus</i>	0.29547	2
6955	<i>Synagapetus krawanyi</i>	0.893717	5
6960	<i>Synurella ambulans</i>	0.864176	3
6967	<i>Taeniopteryx hubaulti</i>	0.647926	5
6972	<i>Tanypodinae Gen. sp.</i>	-0.36554	1
6977	<i>Tanytarsini Gen. sp.</i>	-0.17	1
7025	<i>Theodoxus fluviatilis ssp.</i>	0.580903	5
7062	<i>Tinodes dives dives</i>	1	5
7067	<i>Tinodes sp.</i>	0.525062	3
7083	<i>Torleya major</i>	-0.39762	1
7114	<i>Tubifex ignotus</i>	0.590051	5
7142	<i>Valvata cristata</i>	0.49946	5
7168	<i>Wormaldia sp.</i>	0.358173	5
7201	<i>Leptophlebiidae Gen. sp.</i>	0.795439	3
7346	<i>Potamophylax cingulatus/latipennis/luctuosus</i>	0.790483	5
7432	<i>Gomphus pulchellus</i>	0.49946	5
7434	<i>Gomphus simillimus</i>	0.809923	5
7455	<i>Hydroptilidae Gen. sp.</i>	-0.12286	1
7456	<i>Rhyacophila s. str. sp.</i>	0.026745	1
7460	<i>Astacus torrentium</i>	0.580903	5
7490	<i>Lumbriculidae Gen. sp.</i>	0.463376	3
7493	<i>Psammoryctides moravicus</i>	0.369036	2
7725	<i>Glossiphonia nebulosa</i>	0.580903	5
7726	<i>Culicidae Gen. sp.</i>	0.580903	5
7744	<i>Polycelis sp.</i>	0.580903	5
7750	<i>Athericidae Gen. sp.</i>	0.551871	4
8151	<i>Ecclisopteryx sp.</i>	0.423925	4
8408	<i>Ephemerellidae Gen. sp.</i>	-0.62874	1
8427	<i>Dolichopodidae Gen. sp.</i>	1	5

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
8428	<i>Lymnaeidae Gen. sp.</i>	0.573534	5
8437	<i>Leuctridae Gen. sp.</i>	0.760879	4
8440	<i>Capniidae Gen. sp.</i>	0.816848	5
8470	<i>Elmidae Gen. sp. Lv.</i>	-0.65638	1
8478	<i>Polycentropodidae Gen. sp.</i>	0.870339	5
8483	<i>Limoniidae Gen. sp.</i>	0.526205	4
8485	<i>Tabanidae Gen. sp.</i>	0.224446	3
8487	<i>Tipulidae Gen. sp.</i>	0.818754	5
8659	<i>Muscidae Gen. sp.</i>	0.226733	4
8670	<i>Trichoptera Gen. sp.</i>	0.564068	3
8691	<i>Asellus aquaticus</i>	0.209326	4
8719	<i>Hirudinea Gen. sp.</i>	0.395591	5
8721	<i>Holandriana holandrii</i>	0.462296	5
8740	<i>Ostracoda Gen. sp.</i>	0.650213	3
8750	<i>Plecoptera Gen. sp.</i>	0.761578	4
8753	<i>Psychodidae Gen. sp.</i>	0.397878	3
8761	<i>Stratiomyiidae Gen. sp.</i>	0.314656	3
8813	<i>Nematoda Gen. sp.</i>	-0.23537	1
8825	<i>Hydrachnidia Gen. sp.</i>	0.285687	1
8831	<i>Turbellaria Gen. sp.</i>	0.153357	1
8834	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>	-0.20361	1
8850	<i>Centroptilum luteolum</i>	0.539038	4
8865	<i>Alboglossiphonia sp.</i>	0.730195	5
8871	<i>Anax sp.</i>	0.730195	5
8893	<i>Beraeamyia sp.</i>	0.410076	5
9024	<i>Hydrobius sp. Lv.</i>	0.022616	1
9050	<i>Ithytrichia sp.</i>	0.561464	4
9060	<i>Leptocerus sp.</i>	0.818754	5
9118	<i>Onychogomphus sp.</i>	-0.65155	1
9123	<i>Orthetrum sp.</i>	0.042183	5
9167	<i>Procloeon sp.</i>	0.49946	5
9199	<i>Stenelmis sp. Lv.</i>	0.407471	5
9214	<i>Theromyzon sp.</i>	0.580903	5
9233	<i>Ylodes sp.</i>	0.730195	5
9319	<i>Ptychopteridae Gen. sp.</i>	0.057874	5
9321	<i>Rhagionidae Gen. sp.</i>	0.552633	5
9322	<i>Syrphidae Gen. sp.</i>	0.580903	5

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
9343	<i>Zygoptera Gen. sp.</i>	0.358173	5
9344	<i>Heteroptera Gen. sp.</i>	0.551299	3
9349	<i>Decapoda Gen. sp.</i>	0.590051	5
9353	<i>Diptera Gen. sp.</i>	-0.26669	1
9362	<i>Dendrocoelum sp.</i>	0.588908	5
9447	<i>Curculionidae Gen. sp. Lv.</i>	0.714948	5
9537	<i>Halipus sp. Ad.</i>	0.56464	5
9572	<i>Hydrobius sp. Ad.</i>	0.580903	5
9599	<i>Ephydriidae Gen. sp.</i>	0.49946	5
9618	<i>Hydrobiidae Gen. sp.</i>	0.86748	3
9621	<i>Beraeidae Gen. sp.</i>	0.358173	5
9686	<i>Baetis lutheri/vardarensis</i>	-0.26028	1
9747	<i>Sericostoma flavicorne/personatum</i>	0.558478	4
9811	<i>Copepoda Gen. sp.</i>	0.632425	4
9952	<i>Silo nigricornis/piceus</i>	0.057874	5
9971	<i>Glossosomatidae Gen. sp.</i>	0.726765	5
9981	<i>Goeridae Gen. sp.</i>	0.679944	4
10323	<i>Gammaridae Gen. sp.</i>	0.580903	5
10370	<i>Chaetopterygini/Stenophylacini Gen. sp.</i>	0.957436	4
10626	<i>Coleoptera Gen. sp. Lv.</i>	0.36802	2
10628	<i>Cladocera Gen. sp.</i>	0.618957	4
10630	<i>Lepidoptera Gen. sp.</i>	0.410076	5
11623	<i>Pomatinus substriatus Ad.</i>	0.730195	5
11745	<i>Platambus sp. Ad.</i>	0.411791	5
12004	<i>Nebrioporus sp. Ad.</i>	0.730195	5
12012	<i>Oreodytes sp. Ad.</i>	0.580903	5
12053	<i>Laccophilus sp. Ad.</i>	0.49946	5
12072	<i>Elmis sp. Ad.</i>	0.529572	4
12084	<i>Esolus sp. Ad.</i>	0.58967	4
12093	<i>Limnius sp. Ad.</i>	0.545327	4
12104	<i>Oulimnius sp. Ad.</i>	0.499015	3
12117	<i>Riolus sp. Ad.</i>	0.433645	4
12330	<i>Gammarus balcanicus</i>	0.888889	5
12529	<i>Helophorus sp. Ad.</i>	0.580903	5
12945	<i>Sadleriana sp.</i>	0.503716	4
13024	<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>	0.433708	5
13126	<i>Limnephilini Gen. sp.</i>	0.723525	4

## Prilog 1. (nastavak)

ID_ART	Takson	Rfi	Hwi
14074	<i>Sialis sordida</i>	0.779366	4
14268	<i>Esperiana esperi</i>	0.513881	5
14393	<i>Tubificidae juv without setae</i>	0.406963	4
14394	<i>Tubificidae juv with setae</i>	0.595451	4
14551	<i>Longitarsus sp. Ad.</i>	0.909409	5
14641	<i>Pediciidae Gen. sp.</i>	0.466806	4
16107	<i>Spirosperma ferox</i>	0.411791	5
16783	<i>Microcolpia daudebartii acicularis</i>	0.49946	5
16833	<i>Collembola Gen. sp.</i>	0.580903	5
16959	<i>Radix balthica</i>	0.543739	5
16982	<i>Radix labiata</i>	-0.43237	1
17652	<i>Colymbetinae Gen. sp.</i>	0.580903	5
17767	<i>Elmidae Gen. sp.</i>	0.358173	5
17861	<i>Gyrinidae Gen. sp.</i>	0.395591	5
18130	<i>Hydraena sp.</i>	0.311543	3
18186	<i>Hydrophilidae Gen. sp.</i>	0.042183	5
18192	<i>Hydroporinae Gen. sp.</i>	0.410076	5
18707	<i>Scirtidae Gen. sp.</i>	0.580903	5
19090	<i>Agapetinae Gen. sp.</i>	0.597103	5
19358	<i>Micrasema setiferum ssp.</i>	0.412172	4
19378	<i>Onychogomphus forcipatus ssp.</i>	-0.16924	1
19411	<i>Theodoxus danubialis ssp.</i>	0.556318	4
19440	<i>Unio crassus ssp.</i>	0.80554	5
19443	<i>Valvata piscinalis ssp.</i>	0.473159	3
20151	<i>Leuctra fusca-Gr.</i>	0.580903	5
20468	<i>Onychogomphus/Ophiogomphus sp.</i>	0.358173	5
20877	<i>Drusus croaticus</i>	0.468268	3
21058	<i>Psychomyia klapaleki</i>	0.412363	4
21217	<i>Phryganea grandis ssp.</i>	0.730195	5
21232	<i>Athripsodes bilineatus ssp.</i>	0.730195	5
21501	<i>Halesus digitatus ssp.</i>	0.580903	5
21930	<i>Asellus aquaticus (karstic type)</i>	0.618195	4
21938	<i>Synurella ambulans (karstic type)</i>	0.580903	5

## Prilog 2 OEK napostajama interkalibracijskih tipova R-EX7 i R-EX8

IC Tip	šifra	Naziv	OEK Saprobnost	OEK Op Deg	Konačna	Gori modul	Stanje
R-EX7	16580	Bistrica, Gojak	0.91	0.96	0.91	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	11075	Bregana, Divlje vode	0.83	0.95	0.83	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	16850	Crna rijeka, prije utoka u Maticu	1.28	0.79	0.79	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	30020	Čabranka, utok u Kupu - most	1.02	0.83	0.83	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	16572	Dobra, Lešće	0.86	0.74	0.74	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	16662	Dretulja, izvorište, Plaški	1.09	0.84	0.84	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	16663	Dretulja, Jakšići	0.94	0.98	0.94	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	16346	Furjašnica, Donji Furjan	1.05	0.62	0.62	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	30033	Gacka, Vrbanov most	1.03	0.69	0.69	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	16590	Globornica, Medici (Generalski Stol)	0.88	0.96	0.88	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	16591	Globornica, most na cesti Škrčtici-Goricice Dobranske	0.83	0.98	0.83	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	16583	Gornja Dobra, most kod Puškarića	0.93	0.87	0.87	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	30224	Joševica, most na cesti D.Suvaja-Brotnja	1.17	0.57	0.57	Opća degradacija	Umjereno
R-EX7	16335	Korana, Bogovolja	0.95	0.79	0.79	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	16338	Korana, selo Korana	0.99	0.74	0.74	Opća degradacija	Dobro
R-EX7	16334	Korana, Slunj	0.81	0.87	0.81	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX7	30009	Kupa, nakon utoka Čabranke kod mjesta Gašparci	1.10	0.89	0.89	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	16243	Kupčina, Žamarija	0.95	0.92	0.92	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	30016	Kupica, most prije utoka u Kupu	1.17	0.87	0.87	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX7	51156	Lipovečka gradna, Smerovišće	1.02	0.88	0.88	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16453	Mrežnica, Juzbašići	0.95	0.89	0.89	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16462	Munjava, Čakovac Oštarijski	0.89	0.88	0.88	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16463	Munjava, Josipdol	0.91	0.81	0.81	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	51155	potok Gradna I	0.83	0.50	0.50	Opća degradacija	Umjereno
R-EX8	30061	Rječina, Drastin	0.90	0.76	0.76	Opća degradacija	Dobro
R-EX8	30063	Rječina, Kukuljani	0.95	0.85	0.85	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	30064	Rječina, uzvodno od Pašca	0.72	0.74	0.72	Saprobnost	Dobro
R-EX8	51165	Rudarska Gradna, Milinje	0.86	0.89	0.86	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX8	51166	Rudarska Gradna, prije utoka u Gradnu	0.89	0.53	0.53	Opća degradacija	Umjereno
R-EX8	16561	Slapnica, prije utoka u Kupčinu	0.90	0.89	0.89	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16339	Slunjica, kod crpilišta Slunj	1.02	0.81	0.81	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16822	Tomašnica, Tomašnica	0.97	0.88	0.88	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16753	Tounjica, nizvodno od Tounja	0.91	0.91	0.91	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX8	16754	Tounjica, Tounj	0.84	0.92	0.84	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX8	30026	V. Belica, prije utoka u Kupu	0.94	0.79	0.79	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16587	Vitunjica, most na cesti Turovići Ogulinski-Brestovac	0.85	0.95	0.85	Saprobnost	Vrlo Dobro
R-EX8	16459	Vrnjika, most na cesti Kunić-Sabljaki Modruški	1.07	0.92	0.92	Opća degradacija	Vrlo Dobro
R-EX8	16460	Vrnjika, most na cesti od Plaškog prema n. Bunčići	1.21	0.66	0.66	Opća degradacija	Dobro
R-EX8	16804	Vuj, Belajske Poljice	0.70	0.69	0.69	Opća degradacija	Dobro
R-EX8	16457	Zagorska Mrežnica, Oštarije	1.14	0.02	0.02	Opća degradacija	Vrlo Loše