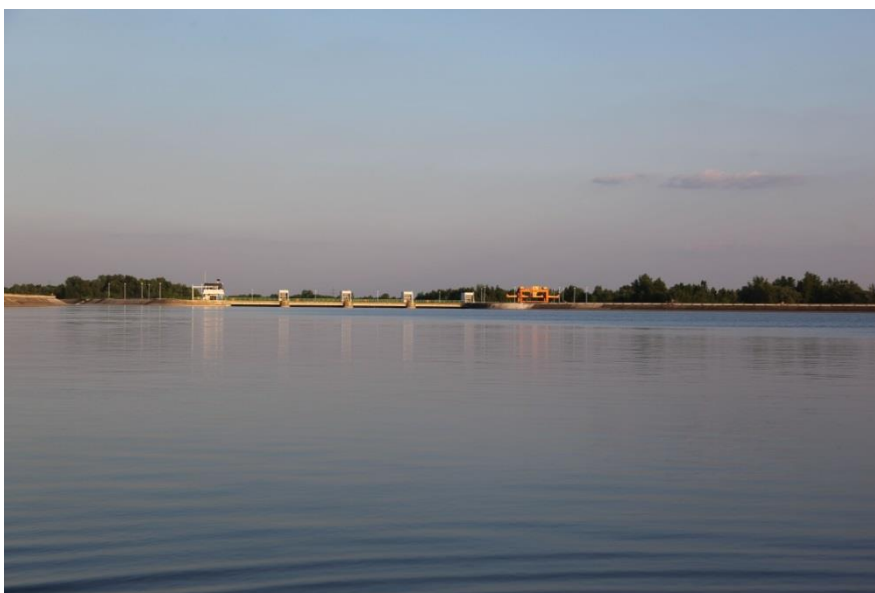


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Horvatovac 102a, Zagreb



**Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i
znatno promijenjena tijela površinskih voda – I. dio:
Stajaćice Panonske ekoregije**



Voditelj Projekta:

Prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević _____

Dekanica Prirodoslovno-matematičkog fakulteta:

Prof. dr. sc. Aleksandra Čižmešija _____

Zagreb, 2018.

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

**Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i
znatno promijenjena tijela površinskih voda – I. dio:
Stajaćice Panonske ekoregije**

Projektni tim:

prof. dr. sc. Mladen Kerovec
prof. dr. sc. Ivančica Ternjej
izv. prof. dr. sc. Sanja Gottstein
izv. prof. dr. sc. Marko Miliša
izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija
izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner
izv. prof. dr. sc. Vladimir Hršak
doc. dr. sc. Ana Previšić
doc. dr. sc. Marija Gligora Udovič
dr. sc. Petar Žutinić, prof. biol.
dr. sc. Vedran Šegota
dr. sc. Nina Vuković
mag. oec. et prot. nat. Ivana Pozojević
mag. biol. exp. Anja Rimac
mag. biol. exp. Valentina Dorić
Mirjana Dimnjaković
Vladimir Bartovsky

Voditelji pojedinih projektnih timova:

Makrofita: izv. prof. dr. sc. Antun Alegro
Makrozoobentos: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

Suradnici na projektu:

mag. oec. et prot. nat. Natalija Vučković
mag. oec. et prot. nat. Nikola Koletić

Vanjski suradnici:

dr. sc. Marina Vilenica
dr. sc. Vlatka Mičetić Stanković

Suradničke institucije:

1. Centar za ekološka istraživanja, Mađarske akademija znanosti:
Gábor Borics, Éva Ács, Judit Görgényi, Ágnes Bolgovics, Zsuzsa Trábert, Gábor Várbíró,
Viktória B-Béres
2. Odjel za Biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku:
Dubravka Čerba, Viktorija Ergović, Miran Koh

Zagreb, 2018

Sadržaj

UVOD.....	1
1. PREGLED TIPOVA STAJAĆICA U DRŽAVAMA EU	3
2. PREGLED BIOLOŠKIH METODA I SUSTAVA OCJENE STAJAĆICA KOJI SE KORISTE U POJEDINIM ČLANICAMA EU.....	8
3. PREGLED TIPOVA I METODA KOJE SE KORISTE U EU DRŽAVAMA ZA OCJENU STANJA VODA STAJAĆICA KOJA NISU PRIRODNOG PORIJEKLA	33
4. PREGLED HIDROMORFOLOŠKIH PRITISAKA KOJI SU UZROKOM POSTANKA UMJETNIH STAJAĆICA	36
5. ZNAČAJKE ISTRAŽIVANIH AKUMULACIJA I RETENCIJA	39
6. METODE UZORKOVANJA I LABORATORIJSKE ANALIZE.....	51
8. OPERATIVNE LISTE SVOJTI	85
9. OCIJENA EKOLOŠKOG STANJA STAJAĆICA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA I MAKROFITA KORISTEĆI MODUL OPĆE DEGRADACIJE ZA RIJEKE	115
10. PREGLED KORIŠTENOG SETA PODATAKA O PRITISCIMA.....	118
11. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAĆICA I AKUMULACIJA TEMELJEM FITOPLANKTONA I FITOBENTOSA	122
12. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAĆICA I AKUMULACIJA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA	148
13. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAĆICA I AKUMULACIJA TEMELJEM MAKROFITA.....	161
14. GRANIČNE VRIJEDNOSTI ZA DOBAR I BOLJI TE UMJEREN EKOLOŠKI POTENCIJAL ZA OSNOVNE FIZIKALNO-KEMIJSKE POKAZATELJE	189
15. UKUPNA OCJENA EKOLOŠKOG POTENCIJALA TEMELJEM SVIH BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE	191
16. STRATEGIJA I PRIJEDLOG MONITORINGA.....	195
17. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	199

Temeljem Ugovora od 09. studenog 2016. godine, Klasa: 325-01/16-10/22 Urbroj: 374-1-2-16-8 Evid. broj ugovora: 10-034/16, sklopljenog između Hrvatskih voda i Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta započela su biološko-ekološka istraživanja akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije, Republike Hrvatske.

Temeljni cilj ugovornih istraživanja bio je razvoj hrvatskog klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala za stajaćice Panonske ekoregije, prema kriterijima Okvirne direktive o vodama EU.

UVOD

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

Za donošenje odluka u vodnom gospodarstvu od neobične je važnosti za svaki biološki element i vodni tip identificirati pojedine indekse (metrike) na temelju sastava i strukture zajednica te biološke indikatore koji odgovaraju na antropogene utjecaje na predvidljiv način i omogućiti klasifikaciju ekološkog stanja/potencijala na temelju funkcionalnih veza između opterećenja i odziva bioloških zajednica. Ovaj je postupak iznimno zahtjevan te se postojeći sustavi vrednovanja u zemljama članicama EU modificiraju temeljem novih spoznaja, odnosno nakon analiza rezultata iz proširenih baza podataka.

Kako bi se detektirao utjecaj više vrsta prisutnih opterećenja u vodnom tijelu, u pojedinim članicama EU razvijene su multimetrijske metode ocjene ekološkog stanja, koje odgovaraju na specifična opterećenja te na opću degradaciju površinske vode. Opća degradacija je kategorija opterećenja koja nije jednoznačna i u različitim članicama obuhvaća jedno ili više različitih opterećenja, poput opterećenja organskim, hranjivim ili toksičnim tvarima i hidromorfološke promjene.

Budući da je svaka članica EU dužna razviti metodologiju ocjene ekološkog stanja/potencijala prema načelima ODV, u odjeljku 1.4.1. Priloga V. Direktive 2000/60/EZ predviđen je postupak kojim će se osigurati usporedivost rezultata biološkog praćenja država članica kao središnjeg dijela klasifikacije ekološkog stanja. Postupak usporedbe rezultata biološkog praćenja i klasifikacijskih sustava praćenja država članica provodi se putem interkalibracijske mreže, a svaka država članica dužna je pristupiti procesu interkalibracije. Interkalibracijski proces provodi se s ciljem izmjene iskustava i omogućavanja međusobne usporedivosti rezultata. Osmišljen je kako bi se osiguralo da vrijednosti, dodijeljene od strane svake države članice EU za dobro ekološko stanje budu usporedive među državama članicama. Države članice su radi provođenja postupka interkalibracije organizirane u nekoliko geografskih interkalibracijskih skupina: Alpska, Središnja-Baltička, Istočna kontinentalna, Mediteranska i Sjeverna. Postupak interkalibracije provodi se na razini bioloških elemenata, uspoređujući rezultate klasifikacije nacionalnih sustava praćenja za svaki biološki element i za svaki zajednički tip vodnog tijela površinske vode, između država članica u istoj geografskoj interkalibracijskoj skupini. Tipovi hrvatskih rijeka i jezera pripadaju

Istočno kontinentalnoj i Mediteranskoj interkalibracijskoj skupini. Zemlje središnje i zapadne Europe razvili su metode i završena je interkalibracija za sve BEK u rijekama i jezerima. U Mediteranskoj interkalibracijskoj skupini za sada su interkalibrirane metode za duboke akumulacije, budući da su prirodna duboka jezera malobrojna te nije prisutan gradijent opterećenja. Glavni pritisci koji su identificirani u prirodnim jezerima su eutrofikacija, opterećenje organskim tvarima i poribljavanje, te je većina razvijenih metoda usredotočena na indikaciju navedenih pritisaka. Dio članica EU razvio je i metode za ocjenu hidromorfoloških pritisaka koje se zasnivaju prvenstveno na makrozoobentosu i makrofitima.

Akumulacije i druge umjetne slatkovodne stajaćice su lentički sustavi koji su po karakteru zajednica vrlo slični prirodnim jezerima. No, budući da se radi o znatno promijenjenim ili umjetnim vodnim tijelima ne određuje se ekološko stanje, već ekološki potencijal. Glavni pritisci identificirani u akumulacijama i drugim umjetnim slatkovodnim stajaćicama su kao i u jezerima, eutrofikacija, organsko opterećenje i poribljavanje. Poribljavanje je posebice značajan pritisak u plitkim jezerima i plitkim umjetnim stajaćicama. Radi značajnog hidromorfološkog opterećenja u akumulacijama, navedenom pritisku se poklanja manja pažnja, jer se polazi od činjenice da se od samih početaka radi o znatno promijenjenim vodnim tijelima te se u njima ne određuje ekološko stanje, nego ekološki potencijal. U zemljama članicama u tijeku je razvijanje metoda za određivanja ekološkog potencijala, no još se uvijek nije pribjeglo postupku usklađivanja metoda, odnosno interkalibraciji.

1. PREGLED TIPOVA STAJAĆICA U DRŽAVAMA EU

Akumulacije i druge umjetne slatkovodne stajaćice su lentički sustavi koji su po karakteru zajednica vrlo slični prirodnim jezerima. No, budući da se radi o znatno promijenjenim ili umjetnim vodnim tijelima ne određuje se ekološko stanje, već ekološki potencijal. Principi i sustavi ocjene sukladni su u jezerima i akumulacijama. Do sada su postupci interkalibracije provedeni uglavnom na zajedničkim jezerskim tipovima, iako je u Istočno-kontinentalnom GIG-u interkalibriran zajednički tip L-EC5, koji obuhvaća akumulacije, dok su u Mediteranskom GIG-u interkalibrirane isključivo fitoplanktonske metode razvijene za duboke akumulacije.

U zemljama članicama EU u posljednjih petnaestak godina razvijeno je 100-tinjak bioloških metoda za ocjenu ekološkog stanja jezera, temeljem svih BEK (fitoplankton, fitobentos, makrozoobentos, makrofita i ribe). ODV je prvi međunarodni akt koji podrazumijeva od zemalja članica uspostavu međusobno usporedivih sustava ocjene ekološkog stanja / potencijala za slatkovodne ekosustave. U svrhu interkalibracije, odnosno ujednačavanja sustava ocjenjivanja ekološkog stanja na razini cijele EU, formirane su geografske interkalibracijske grupe zemalja, tzv. GIG-ovi (engl. Geographical Intercalibration Groups, Tablica 1.1). GIG-ovi uključuju države/područja sličnih geoloških i geografskih podneblja s usporedivim tipovima vodnih tijela. Sustav evaluacije i tipizacije GIG-ova temelji se na Okvirnoj direktivi o vodama (2000/60/EC; Water Framework Directive: Mađ). Interkalibracija pruža mehanizam usklađivanja i provjere granice ekoloških stanja između zemalja članica GIG-a (Poikane i sur., 2014).

Tablica 1.1. Geografske interkalibracijske grupe i zemlje članice koje su sudjelovale u interkalibraciji bioloških metoda razvijenih za rijeke i jezera (EC, 2013).

GIG za vodnu kategoriju: Stajaćice	Zemlje članice
Alpski	Austrija, Francuska, Njemačka, Italija, Slovenija, Španjolska
Istočno-kontinentalni	Bugarska, Mađarska, Rumunjska
Centralno-baltički	Belgija, Danska, Estonija, Francuska, Njemačka, Irska, Latvija, Litva, Nizozemska, Poljska, Ujedinjeno Kraljevstvo
Mediteranski	Cipar, Francuska, Grčka, Italija, Portugal, Rumunjska, Španjolska
Sjeverni	Finska, Irska, Norveška, Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo

1.1. Pregled zajedničkih tipova jezera koji su interkalibrirani u pojedinim geografskim interkalibracijskim grupama (GIG)

1. Interkalibracija metoda se provodi samo na zajedničkim tipovima stajaćica koje imaju pojedine zemlje unutar GIG. Slijedi pregled tipova stajaćica koji su interkalibrirani u pojedinim GIG. Kao što je vidljivo u pojedinim GIG zastupljeni su zajednički tipovi jezera ali i akumulacije (Istočno-kontinentalni GIG tip L-EC5, Mediteranski GIG).

1. Alpski GIG

Ovaj interkalibracijski tip uključuje slijedeće zajedničke tipove:

- L-AL3 - Stajaćice nadmorske visine od 50 - 800 m, srednje dubine veće od 15 metara.
- L-AL4 - Stajaćice nadmorske visine od 200 - 800 m, srednje dubine od 3 do 15 metara

Sve države članice imaju razvijenu vlastitu metodologiju ocjene. Referentni uvjeti, kao i granice vrlo dobro/dobro i dobro/umjereno stanje temeljene su na koncentraciji klorofila *a* (*Chl-a*) i biomasi fitoplanktona koje se razlikuju po pojedinim tipovima stajaćica.

2. Istočno-kontinentalni GIG

Ovaj interkalibracijski tip uključuje slijedeće zajedničke tipove:

- L-EC1 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine do 6 metara, električne vodljivosti od 300 do 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkaliniteta od 1 - 4 meq/L
- L-EC2 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine do 6 metara, električne vodljivosti veće od 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkaliniteta većeg od 4 meq/L
- L-EC3 - Stajaćice nadmorske visine od 200 do 1000 m, srednje dubine do 6 metara, električne vodljivosti od 200 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkaliniteta 1 - 4 meq/L
- L-EC4 - Stajaćice nadmorske visine od 200 do 1000 m, srednje dubine veće od 6 metara, električne vodljivosti od 200 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkaliniteta od 1 - 4 meq/L
- L-EC5 Akumulacije - Stajaćice nadmorske visine od 200 do 1000 m, srednje dubine veće od 6 metara, električne vodljivosti od 200 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkaliniteta većeg od 1 - 4 meq/L

Bugarska, Mađarska i Rumunjska imaju razvijenu vlastitu metodologiju ocjene. Mađarska i Rumunjska imaju sustave za sve tipove, dok Bugarska ima samo tip L-EC1. Referentni uvjeti, kao i granice vrlo dobro/dobro i dobro/umjereno stanje temeljene su na koncentraciji *Chl-a*, koji se razlikuju po pojedinim tipovima stajaćica te abundanciji cijanobakterija.

Budući da se prema projektnom zadatku u ovom elaboratu posebna pozornost treba posvetiti područjima koja pripadaju ekoregiji Mađarska nizina (ekoregiji 11) u tablici 1.2 prikazani su tipovi jezera u Mađarskoj, koja velikim dijelom pripada ekoregiji 11. Kao što je vidljivo u Mađarskoj su tipizirana vrlo plitka jezera, srednje dubine do 3 m, a u tablici 1.2 su navedeni i obavezni i izborni tipološki pokazatelji.

Tablica 1.2. Tipizacija jezera u Mađarskoj.

Broj tipa	Površina (km ²)	Prosječna dubina (m)	Jezerska podloga	Pokrovnost maktofita (%)	Vodni režim	Broj jezera
1	<1,0	<1,0	organogena	>66	promijenjiv	1
2	<1,0	1-3	organogena	>66	stalan	3
3	<1,0	1-3	organogena	<66	stalan	1
4	<1,0	<1,0	soda	>66	promijenjiv	7
5	<1,0	<1,0	soda	<66	promijenjiv	7
6	<1,0	1-3	soda	>66	stalan	1
7	<1,0	1-3	soda	<66	stalan	6
8	1-10	1-3	soda	<66	stalan	1
9	1-10	1-3	soda	>66	stalan	1
10	<1,0	<1,0	karbonatna	>66	promijenjiv	2
11	<1,0	<1,0	karbonatna	<66	promijenjiv	1
12	<1,0	1-3	karbonatna	>66	stalan	7
13	<1,0	1-3	karbonatna	<66	stalan	25
14	1-10	3-4	karbonatna	<66	stalan	5
15	>10	1-3	karbonatna	<66	stalan	1
16	>10	3	karbonatna	<66	stalan	1

3. Centralno-baltički GIG

Ovaj interkalibracijski tip uključuje slijedeće zajedničke tipove:

- L-CB1 – Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine od 3 – 15 m i alkaliniteta većeg od 1 meq/L
- L-CB2 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine do 3 m i alkaliniteta većeg od 1 meq/L
- L-CB3 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine od 3 - 15 m i alkaliniteta od 0,2 - 1 meq/L

Većina zemalja razvila je ili je u postupku razvijanja nacionalne strategije ocjene ekološkog stanja. Referentni uvjeti, kao i granice vrlo dobro/dobro i dobro/umjereno stanje temeljene su na koncentraciji *Chl-a*, udjelu prirodnog zemljišnog pokrova i broju stanovnika u slivnom području.

4. Mediteranski GIG

Ovaj interkalibracijski tip uključuje slijedeće zajedničke tipove:

- L-M5 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine veće od 15 m i alkaliniteta do 1 meq/L
- L-M7 - Stajaćice nadmorske visine od 200 - 800 m, srednje dubine veće od 15 m i alkaliniteta od do 1 meq/L
- L-M8 - Stajaćice nadmorske visine od 0 do 800 m, srednje dubine veće od 15 m i alkaliniteta većeg od 1 meq/L

Budući da su prirodna duboka jezera malobrojna, u Mediteranskoj interkalibracijskoj skupini za sada su interkalibrirane metode za duboke akumulacije. Referentni uvjeti, kao i granica dobro/umjereno stanje temeljene su na koncentraciji *Chl-a*, ukupnom biovolumenu (mm^3/L), biomasi fitoplanktona te postotku (udjelu) cijanobakterija.

5. Sjeverni GIG

Ovaj interkalibracijski tip uključuje slijedeće zajedničke tipove:

- LN1 - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta od 0,2 - 1 meq/L, obojanosti manje od 30 mg Pt/L
- LN2a - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta do 0,2 meq/L, obojanosti manje od 30 mg Pt/L
- LN2b - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine veće od 15 m, alkaliniteta do 0,2 meq/L, obojanosti manje od 30 mg Pt/L
- LN3a - Stajaćice nadmorske visine do 200 m, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta do 0,2 meq/L, obojanosti od 30 - 90 mg Pt/L
- LN5a - Stajaćice nadmorske visine od 200 - 800 m, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta do 0,2 meq/L, obojanosti do 30 mg Pt/L
- LN6a - Stajaćice nadmorske visine od 200 - 800 m, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta do 0,2 meq/L, obojanosti od 30 - 90 mg Pt/L
- LN8a - Stajaćice nadmorske visine do 200, srednje dubine od 3 - 15 m, alkaliniteta od 0,2 - 1 meq/L, obojanosti od 30 - 90 mg Pt/L

Referentni uvjeti, kao i granice vrlo dobro/dobro i dobro/umjereno stanje temeljene su na koncentraciji *Chl-a*. Većina zemalja razvila je ili je u postupku razvijanja nacionalne strategije ocjene ekološkog stanja.

Literatura

Poikane S., Zampoukas N., Borja A., Davies S.P., van de Bund W., Birk S. 2014. Intercalibration of aquatic ecological assessment methods in the European Union: lessons learned and way forward. *Environ. Sci. Policy* 44, 237–246.

[EC] European Commission 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. *Official Journal of the European Communities*, L266/1. European Commission, Brussels.

2. PREGLED BIOLOŠKIH METODA I SUSTAVA OCJENE STAJAĆICA KOJI SE KORISTE U POJEDINIM ČLANICAMA EU

Efektivni biološki sustavi ocjene baziraju se na pouzdanom odzivu akvatičkih zajednica u odnosu na antropogene pritiske (Hering i sur., 2006). Razvijeni su multimetrički indeksi bazirani na metrikama koje predstavljaju značajke akvatičkih cenoza, grupiranih u četiri kategorije:

- a) abundancija (brojnost ili biomasa)
- b) bogatstvo i raznolikost zajednice
- c) osjetljivost / tolerantnost pojedinih svojti
- d) autekološke značajke (trofičke kategorije, preferencije pojedinih tipova supstrata, zahtjevi prema otopljenom kisiku i sl.)

Izbor pojedinih metrika u sustavima ocjene bazira se na onima koje se značajno mijenjaju duž gradijenta pritisaka. Ocjena ekološkog stanja bazira se na otklonu u odnosu na referentne uvjete te oni predstavljaju bazu svih sustava ocjene. Konačni korak u tzv. „bioasesmentu“ predstavljaju granice klasa koje se moraju bazirati na ekološki relevantnim činjenicama i principima.

Prilikom razvoja sustava ocjene, osnovni problem predstavlja činjenica da su referentni uvjeti malobrojni, radi dugotrajnih ljudskih aktivnosti i utjecaja na sve tipove vodenih ekosustava. Stoga, polovica razvijenih bioloških sustava za ocjenu jezera, referentne uvjete procjenjuje temeljem gotovo prirodnih referentnih mjesta (engl. near-natural reference sites) u kombinaciji s dodatnim pristupima kao što su povijesni podatci, modeliranje i stručna procjena. Otprilike 40% razvijenih sustava koriste subjektivne pristupe u definiranju referentnih uvjeta, jer primjerice ne postoje jasni kriteriji za definiranje gotovo prirodnih referentnih mjesta, ne postoje relevantni podatci o karakteristikama zemljišnog pokrova u slivu ili podatci o pritiscima (Brucet i sur. 2013).

Razvijeni sustavi ocjene generalno se odazivaju na slijedeće pritiske: eutrofikacija, organsko onečišćenje, hidromorfološka degradacija, acidifikacija i ostalo (teški metali, DDT, PCB, invazivne vrste).

Do 2013. godine 24 članice EU razvile su ukupno 93 biološke metode ocjene ekološkog stanja jezera (Tablica 2.1). Kao što je vidljivo, sve članice razvile su sustav ocjene ekološkog stanja za fitoplankton.

Pojedine zemlje naknadno su razvile metode ocjene ekološkog stanja jezera ili su razvile nove metode koje su prošle postupke recenzije i odobravanja od strane Europske komisije, nakon što je utvrđeno da je metoda sukladna ODV i da granica dobro/umjereno odgovara granicama koje su utvrđene tijekom završenih interkalibracijskih procesa (primjerice Latvija je razvila novu metodu temeljem makrozoobentosa, a Grčka je razvila metode za fitobentos, makrofite, makrozoobentos i ribe).

Tablica 2.1. Broj bioloških metoda razvijenih temeljem svih BEK, koje se koriste u ocjeni ekološkog stanja jezera u državama članicama EU (preuzeto i modificirano iz Bručet i sur., 2013).

Zemlja	Fitoplankton	Bentoske dijatomeje	Makrofiti	Makrozoobentos	Ihtiofauna (ribe)
Austrija	1		1		1
Belgija	2	1	1	1	1
Bugarska	1		1	1	
Cipar	1				
Danska	1		1		1
Estonija	1		1	1	1
Finska	1		1	1	1
Francuska	1		1	1	1
Njemačka	1	1		1	2
Grčka	1				
Mađarska	1	1	1	1	1
Irska	1	1	1	1	1
Italija	2		1	1	1
Latvija	1		1		
Litva	1		1	1	1
Nizozemska	1		1	1	1
Norveška	1		1	1	1
Poljska	1	1	1		1
Portugal	1				
Rumunjska	1		1		1
Slovenija	1	1	1	1	1
Španjolska	1		1	1	1
Švedska	2		1	3	1
UK	1	1	1	2	
Ukupno	27	7	20	20	19

Oko 55% razvijenih metoda koristi odnos pritisak/odziv zajednice (engl. pressure-response relationship) za definiranje granica klasa baziran na statističkim metodama (37%) i ekspertnoj procjeni (18%). No, navedeni pristup se značajno razlikuje kod metoda razvijenih za različite BEK. Tako primjerice 72% razvijenih metoda koristi odnos pritisak/odziv zajednice fitoplankton za određivanje granica klasa, dok je navedeni postotak značajno manji kod drugih BEK (38 % za makrofite i 25 % za ribe i makrozoobentos). Daleko najveći broj metoda razvijen je za eutrofikaciju kao dominantan pritisak u jezerima Europe, dok su metode koje reagiraju na hidromorfološki pritisak relativno malobrojne.

Na nivou EU 62 metode za ocjenu ekološkog stanja jezera su uspješno interkalibrirane, od čega se 18 odnosi na fitoplankton, 17 na makrofite a 13 na makrozoobentos (Poikane i sur. 2015). Od svih razvijenih metoda, sve nisu mogle ući u sustav interkalibracije, iako zadovoljavaju standarde ODV-a. Međusobno su usporedive samo one metode koje se baziraju na istim principima i koje pokazuju odziv na slične antropogene pritiske. Primjerice metode koje se baziraju na makrozoobentosu i reagiraju na acidifikaciju nisu usporedive s metodama temeljem makrozoobentosa koje imaju odziv na eutrofikaciju. ODV komplementarne metode koje se baziraju na zajednicama makrozoobentosa sublitorala i profundala (Rosaro i sur. 2007, Ntislidou i

sur. 2016), nisu usporedive s onima koje se temelje na zajednicama litorala, iako imaju odziv na isti pritisak – eutrofikaciju. Budući da je veći broj zemalja razvio metode koje se baziraju na makrozoobentosu litorala, one su i sudjelovale u procesu interkalibracije. Također zemlje koje nisu razvile vlastite metode, a sudjelovale su u procesu interkalibracije, ostavljena im je mogućnost da odaberu zajedničke metrike koje su se bazirane na podacima čitave interkalibracijske grupe i s njima vezane granice klasa.

2.1. Metode ocjene ekološkog stanja jezera u zemljama članicama EU: fitoplankton

Fitoplankton predstavlja jedan od tradicionalno dominantnih elemenata koji se koristi u određivanju ekološkog stanja jezera i u razvoju sustava ocjenjivanja sukladnih s Okvirnom Direktivom o vodama (ODV). Gotovo sve države potpisnice ODV razvile su vlastite metode ocjene ekološkog stanja na osnovu fitoplanktona. Od ukupno 24 razvijene metode koje su uključene u interkalibracijsku vježbu, 18 ih je uvršteno u konačne interkalibracijske rezultate. Sve razvijene metode određuju potencijalni eutrofikacijski pritisak i temelje se na sličnim principima ocjene (Tablica 2.2):

- u svim se metodama određuje brojnost fitoplanktona izraženog kao koncentracija *Chl-a*, dok se u većini određuje i ukupan biovolumen fitoplanktona (Carvalho i sur., 2013);
- u većini se metoda određuje biovolumen cijanobakterija ili postotni udio cijanobakterija u ukupnom biovolumenu fitoplanktona kao pokazatelj rizika toksičnih cvjetanja algi (Carvalho i sur., 2013);
- sve se metode temelje na trofičkim vrijednostima vrsta ili skupina algi, npr. Brettumov indeks (Austrija, Slovenija; Brettum, 1989) i PTI indeks (Finska, Švedska; Willén, 2007). Za razliku od njih, indeksi funkcionalnosti i raznolikosti se uglavnom ne koriste, osim u slučaju Estonije koja koristi Pielou-ov indeks ujednačenosti.

Unatoč određenim različitostima u načinima uzorkovanja i vremenskom razdoblju uzorkovanja među državama članicama (Nóges i sur., 2010), sve su interkalibrirane metode pokazale značajan odnos s ukupnim fosforom (TP), dok su neke metode pokazale i značajan odnos s ukupnim dušikom (TN) i karakteristikama slivnog područja. Međutim, bilo je teško odrediti odnose u slučaju istočno-kontinentalnih jezera (EC GIG) i mediteranskih akumulacija zbog manjka dostupnih podataka (Padisák i sur., 2006) i osobitosti samih vodnih tijela. Na primjer, mediteranske su akumulacije pod utjecajem ekstremnih promjena razine vode zbog jako izraženih sezonskih varijacija klime (Marchetto i sur., 2009), dok su istočno-kontinentalna jezera prirodno eutrofni sustavi s koncentracijama hranjivih soli koje su znatno iznad graničnih vrijednosti (Borics i sur., 2013).

Tablica 2.2. Opis interkalibriranih metoda koji koriste fitoplankton za ocjenu stanja stajaćica korištenih u zemljama članicama.

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
%CYA	Udio cijanobakterija (udio u ukupnom biovolumenu)	Belgija, Danska, Španjolska, Finska, Švedska	Søndegaard i sur., 2011.
%CHRY	Udio Chrysophyta (udio u ukupnom biovolumenu)	Danska	Søndegaard i sur., 2011.; Phillips i sur., 2014.
Metrika klasa algi	Indeks temeljen na biovolumenu i udjelima glavnih skupina algi u specifičnim periodima godine	Njemačka	Mischke i sur., 2008.
Indeks cvatnje	Indeks baziran na cvjetanju algi (abundancija indikatorskih svojti koje cvatu)	Nizozemska	Philips i sur., 2014.
Brettum indeks	Indeks baziran na trofičkim vrijednostima i biovolumenu indikatorskih svojti	Austrija, Slovenija	Brettum, 1989.
BV-CYA	Biovolumen cijanobakterija	Cipar, Italija (akumulacije), Poljska, Portugal, UK	Carvalho i sur., 2013.
BV-CYA _{max}	Maksimalan biovolumen cijanobakterija zabilježen u periodu od srpnja do rujna	Norveška	Solheim i sur., 2014.
Chl- <i>a</i>	Srednja vrijednost koncentracije klorofila <i>a</i>	Austrija, Belgija, Cipar, Njemačka, Danska, Estonija, Španjolska, Finska, Irska, Italija (prirodna jezera), Italija (akumulacije), Nizozemska, Norveška, Poljska, Portugal, Švedska, Slovenija, UK	Carvalho i sur., 2013.
IGA indeks	IGA (Index Des Grups Algals) Indeks temeljen na udjelu glavnih skupina algi i njihovim trofičkim preferencijama	Cipar, Španjolska, Portugal	Catalan i Ventura, 2003.

Tablica 2.2. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
IPI indeks	Irski fitoplanktonski indeks temeljen na indikatorskim vrijednostima i abundanciji indikatorskih svojti	Irska	Free i sur., 2006.
Med PTI indeks	Mediterranski fitoplanktonski indeks temeljen na indikatorskim vrijednostima, težinskim faktorima i biovolumenu indikatorskih svojti	Italija (akumulacije)	Marchetto i sur., 2009.
PCQ indeks	Nygaard-ov modificirani koeficijent temeljen na bogatstvu svojti i trofičkim preferencijama glavnih skupina algi	Estonija	Ott i Laugaste 1996., Kangro i sur., 2005.
Opis zajednice fitoplanktona	Karakterizacija rodova skupina Cyanobacteria i Chlorococcales te broj dominantnih svojti	Estonija	Philips i sur., 2014.
Pielou-ov indeks	Indeks ujednačenosti, Omjer stvarne i maksimalne vrijednosti Shannon-ovog indeksa raznolikosti	Estonija	Philips i sur., 2014.
PTI _{NO} indeks	Trofički indeks fitoplanktona temeljen na indikatorskim vrijednostima i udjelima indikatorskih svojti	No	Ptacnik i sur, 2009.
PTI _{OT} indeks	Trofički indeks fitoplanktona temeljen na vrijednostima optimalne tolerancije i udjelima indikatorskih svojti	Italija	Buzzi i sur., 2009.
PTI _{UK} indeks	Trofički indeks fitoplanktona temeljen na indikatorskim vrijednostima i biovolumenu indikatorskih svojti	Njemačka	Philips i sur., 2014.
PTSI indeks	Jezerski fitoplanktonski indeks temeljen na indikatorskim vrijednostima, težinskim faktorima i abundanciji indikatorskih svojti	Njemačka	Mischke i sur., 2008.

Tablica 2.2. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Indeks osjetljivosti	Broj svojti koje indiciraju uvjete s malo nutrijenata umanjen za broj svojti koje indiciraju uvjete s mnogo nutrijenata	Danska	Philips i sur., 2014.
TBV	Totalni biovolumen fitoplanktona (srednja vrijednost)	Austrija, Cipar, Njemačka, Španjolska, Finska, Italija (akumulacije), Norveška, Poljska, Portugal, Švedska, Slovenija, UK	Søndegard i sur., 2011.
TPI	Trofički indeks fitoplanktona temeljen na trofičkim vrijednostima i biovolumenu indikatorskih svojti	Švedska	Willén, 2007.; SEPA, 2000.
TPI	Trofički indeks fitoplanktona temeljen na trofičkim vrijednostima i biovolumenu indikatorskih svojti	Finska	Willén, 2007.; Tikkanen, 1986.

2.2. Metode ocjene ekološkog stanja jezera u zemljama članicama EU: fitobentos

Iako je fitobentos samo jedan dio BEK "makrofita i fitobentos" (Dodatak V. ODV-a), većina država članica razvila je odvojene metode ocjene na temelju makrofita i na temelju zajednice fitobentosa. No, samo je 11 od 27 država članica Europske unije sudjelovalo u interkalibraciji metodologija za fitobentos (Tablica 2.3).

Mišljenje je ekspertne grupe za fitobentos (Kelly i sur., 2014) da država članica nije u potpunosti usklađena sa zahtjevima ODV-a, ukoliko ima razvijenu metodologiju samo za jedan element. Postoje slučajevi u kojima makrofitska vegetacija neće biti pouzdan pokazatelj utjecaja hranjivih tvari na litoralnu floru (zbog hidromorfološkog stresa, nekog oblika upravljanja jezerom ili sl.), kao i slučajevi kada oba elementa različito reagiraju na promjene u njihovom okruženju (Schaumburg i sur., 2004; Moser, 2009). Sve nacionalne metode za fitobentos temelje se na sastavu i relativnoj brojnosti dijatomeja kao najboljih pokazatelja ukupne fitobentičke zajednice (Tablica 2.3). Sve metode određuju potencijalni eutrofikacijski pritisak i većina je pokazala značajan odnos s koncentracijom ukupnog fosfora (TP). Izuzetak su neke metode koje se nisu pokazale dobar odnos s ukupnim fosforom u jezerima niskog alkaliniteta, zbog kombinacije kratkog gradijenta i niskog pH.

Tablica 2.3. Opis interkalibriranih metoda koji koriste fitobentos za ocjenu stanja stajaćica korištenih u zemljama članicama.

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
DARLEQ	Indeks temeljen na vrijednostima osjetljivosti na hranjive tvari i broj valvi indikatorskih svojti dijatomeja	Ujedinjeno Kraljevstvo	Bennion i sur., 2012.
EPI-D indeks	Indeks eutrofikacije/zagađenja baziran na indikatorskim vrijednostima dijatomeja, vrijednostima tolerantnosti i relativnoj abundanciji svojti dijatomeja	Mađarska	Dell'Uomo, 2004.
IBD indeks	Biološki indeks dijatomeja, temeljen na trofičkim indikatorskim vrijednostima i relativnoj abundanciji indikatorskih svojti dijatomeja	Mađarska	Lenoir i Coste, 1996., Prygiel i Coste, 2000.
Indeks referentnih vrsta GR _j	Suma relativnih abundancija specifičnih dijatomejskih referentnih svojti	Poljska	Kelly i sur., 2014.
IPS indeks	Indeks specifičnih zagađenja, temeljen na vrijednostima osjetljivosti i relativnim abundancijama indikatorskih svojti	Finska, Švedska	Cemagref, 1982.; Kelly i sur., 2014.
Trofički indeks dijatomeja za jezera	Indeks baziran na vrijednostima za osjetljivost na hranjive tvari i abundanciji valvi indikatorskih svojti dijatomeja	Irska	Kelly i sur., 2008.; UKTAG, 2008.
PISIAD indeks	Indeks temeljen na sumi relativnih abundancija osjetljivih i tolerantnih svojti dijatomeja	Belgija	Herndrickx i Denys, 2005.; Kelly i sur., 2014.
Kvocijent referentnih vrsta RAQ	Omjer broja osjetljivih i tolerantnih svojti dijatomeja	Njemačka	Schaumburg i sur., 2004.
TDIL indeks	Trofički indeks dijatomeja za jezera temeljen na trofičkim indikatorskim vrijednostima, vrijednostima tolerantnosti i abundanciji indikatorskih svojti dijatomeja	Mađarska	Stenger-Kovács i sur., 2007.

Tablica 2.3. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Trofički indeks jezera- TI	Trofički indeks temeljen na trofičkim indikatorskim vrijednostima te abundanciji indikatorskih svojti dijatomeja	Slovenija	Rott i sur., 1998.
Trofički indeks TJ	Trofički indeks temeljen na trofičkim indikatorskim vrijednostima te abundanciji indikatorskih svojti dijatomeja	Poljska	Kelly i sur., 2014.
Trofički indeks TI _{Nord}	Trofički indeks temeljen na trofičkim indikatorskim vrijednostima te udjelima indikatorskih svojti dijatomeja	Njemačka	Schaumburg i sur., 2004.

2.3. Metode ocjene ekološkog stanja jezera u zemljama članicama EU: makrozoobentos

Makrozoobentos je ocijenjen kao najzahtjevnija grupa u ocjeni stanja stajačica iz tri razloga: kompleksna biotička struktura, velika temporalna te prostorna varijabilnost. Usprkos ovim poteškoćama, ukupno dvadeset sustava koji uključuju ovu skupinu su razvijena, od kojih su njih trinaest uspješno interkalibrirani. Od 44 metrike uključene u ove nacionalne sustave, njih 42% odnosi se na metrike osjetljivosti/tolerancije (tablica 2.4). Neke su zemlje koristile tradicionalne metrike poput: ASPT indeksa (Litva i Estonija), „Benthic Quality Index“ (Švedska i Finska) i indeks zakiseljenosti (Norveška i Estonija). Većina zemlja članica razvila je vlastite indekse osjetljivosti poput: Indeks faune litorala (Slovenija), Srednja vrijednost tolerantnosti (Belgija) i LAMM indeksa (Ujedinjeno Kraljevstvo). Sedam sustava uključuju i indekse bogatstva/raznolikosti od kojih su najčešće korišteni: ukupno bogatstvo svojti (N taxa), bogatstvo svojti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) te Shannon-Wienerov indeks raznolikosti. Samo četiri sustava uključuju metrike strukture zajednice, dok se metrike funkcionalnih skupina rijetko koriste.

Većina sustava koji se danas koriste temelje se na značajnoj povezanosti pritisaka i odziva zajednice. Bez obzira na značajnost ovih veza, dio modela pokazala je malu moć razlučivanja (objašnjavanja) varijabilnosti te se njihova ocjena na posljeticu smatrala nezadovoljavajućom. Razlog tome leži u činjenicama da zajednice imaju kompleksnu biotičku strukturu, postoji utjecaj mnogobrojnih ekoloških parametara kao i pritisaka istovremeno na zajednice te postoji snažan utjecaj staništa (mikrostaništa) na kompleksnost i strukturu zajednice. Ukratko, bez obzira na veliki značaj makrozoobentosa u ocjeni stanja stajačica, njihov doprinos u sustavu evaluacije stajačica danas se smatra samo parcijalno uspješnim. Postoje još mnoge neobjašnjene varijabilnosti u sastavu i strukturi ovih zajednica na vremenskom i prostornom gradijentu koje je svakako potrebno dodatno istražiti, kako bi imali potpunu sliku te jasan doprinos u ocjeni ekološkog stanja/potencijala. U novije su vrijeme stvarani multimetrički sustavi kojima se nastoji adresirati upravo ta velika varijabilnost. Ovakvi sustavi razvijeni su zasebno za zapadnu, sjevernu, srednju te južnu Europu i Mediteran te je implementacija ovakvih sustava u nacionalnim programima važan iskorak u savladavanju limitacija zasebnog korištenja metrika.

Tablica 2.4. Opis interkalibriranih metoda koji koriste makrozoobentos za ocjenu stanja stajačica korištenih u zemljama članicama.

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Indeks acidifikacije	Prilagođeni indeks Henriksson i Medin (sastavljen od indeksa: EPT; Prisutnost porodica Gammaridae i Crangonyctidae; Prisutnost Hirudinea, Elmidae, Gastropoda i Unionidae + Margaretiferidae; Omjer osjetljivih Ephemeroptera (<i>Baetis</i> , <i>Alaintes</i> , <i>Labiobaetis</i> , <i>Nigrobaetis</i>) i Plecoptera; Broj svojti prisutnih s obzirom na standardiziranu listu svojti	Norveška	Henriksson i Medin 1986.; Sandin i sur., 2014
ASPT indeks	Prosječna ocjena po svojti, Suma ocjena podijeljena sa brojem ocjenjenih svojti	Estonija, Litva	Armitage i sur., 1983
AWIC-indeks porodica	Indeks stanja zakiseljenosti. Prosjek ocjenjenih porodica sa AWIC liste	Norveška, Švedska	Davy – Bowker i sur., 2005.; Johnson i Goedkoop 2007.; Sandin i sur., 2014.
BQI _{FI}	Predikcija indeksa bentičke kvalitete (BQI) linearnom regresijom gdje su logaritamske vrijednosti srednje dubine glavne varijable	Finska	Wiederholm 1980., Jyväsjärvi i sur., 2010.
BQI _{SE}	BQI baziran na indikatorskim vrijednostima i abundanciji ličinkaa trzalaca u profundalu	Švedska	Wiederholm 1980., Johnson i Goedkoop 2007.
CEP brojnost svojti	Broj svojti Coleoptera, Ephemeroptera i Plecoptera	Litva	Sidagyte i sur., 2013.
CPET indeks	Tehnika svlakova trzalaca, srednja vrijednost trofičkog učinka svih svojti trzalaca	UK	Russe 2010.
DP%	Relativna abundancija pozitivno dominantnih svojti u uzorku	Nizozemska	Knoben i sur., 2007

Tablica 2.4. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
DN%	Relativna abundancija negativno dominantnih svojiti u uzorku	Nizozemska	Knoben i sur., 2007
Bogatstvo svojiti Ephemeroptera	Broj svojiti vodencvjetova	Norveška, Švedska	Johnson i Goedkoop, 2007.; Sandin i sur., 2014.
Bogatstvo EPT svojiti	Bogatstvo svojiti skupina Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera	Belgija, Estonija	Lenat, 1988.; Timm i Möls, 2012.
Bogatstvo ETO svojiti	Bogatstvo svojiti skupina Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata	Njemačka	Miler i sur., 2013
Fauna indeks	Indeks na temelju abundancije i indikatorske vrijednosti pojedinih svojiti (koristi se za ocjenu morfološkog pritiska)	Njemačka	Miler i sur., 2013
Bogatstvo svojiti Gastropoda	Broj svojiti Gastropoda	Norveška, Švedska	Johnson i Goedkoop, 2007.; Sandin i sur., 2014.
Hill-ov broj	Eksponecijalna funkcija Shannon-Weaverovog indeksa	Litva	Shannon i Weaver 1949.; Hill 1973.
KM%	Relativno bogatstvo indikatorskih vrsta u uzorku	Nizozemska	Knoben i sur., 2007
KM% (taxa)	Relativno bogatstvo indikatorskih vrsta u uzorku, specifično po staništima	Nizozemska	Knoben i sur., 2007
LAMM indeks	Metrika acidifikacije temeljen na makrozoobentosu stajačica. Temeljen na osjetljivosti svojiti na zakiseljavanje i abundanciji istih.	UK	McFarland i sur., 2010.
Indeks faune litorala	Suma vrijednosti osjetljivosti porodica na degradaciju obalnog pojasa	Slovenija	Urbanič, 2014.

Tablica 2.4. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Margalef indeks raznolikosti	Broj svojti umanjen za jedan i podijeljen sa \ln broja jedinki	Slovenija	Margalef, 1958.
Srednja vrijednost tolerantnosti	Srednja vrijednost tolerantnosti svih prisutnih svojti. Popis svojti i vrijednosti u Gabriels i sur., 2009.	Belgija	Gabriels i sur., 2009.; Böhmer i sur., 2014.
Broj osjetljivih svojti r/k omjer	Broj prisutnih svojti s vrijednošću tolerantnosti ≥ 6 , bez EPT svojti Omjer između svojti različitih reprodukcijskih strategija	Belgija Njemačka	Gabriels i sur., 2009.; Böhmer i sur., 2014. Miler i sur., 2013.
RA staništa lital	Relativna abundancija svojti koje kao stanište preferiraju lital (kamene supstrate)	Njemačka	Miler i sur., 2013.
RA predatora	Relativna abundancija (%) predatora u uzorku	Švedska	Johnson i Goedkoop 2007.
RA dvokrilaca	Relativna abundancija (%) dvokrilaca u uzorku	Švedska	Johnson i Goedkoop 2007.
RA vodencvjetova	Relativna abundancija (%) vodencvjetova u uzorku	Švedska	Johnson i Goedkoop 2007.
RA sakupljača	Relativna abundancija (%) trofičke funkcionalne skupine sakupljača u uzorku	Njemačka	Miler i sur., 2013
RA COP	Relativna abundancija (%) Coleoptera, Odonata i Plecoptera u uzorku	Litva	Sidagyte i sur., 2013.
RA vretenaca	Relativna abundancija (RA) vretenaca u uzorku (%)		Miler i sur., 2013
Shannon-Wiener indeks raznolikosti	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ S= broj svojti, p_i = relativna abundancija svojte i	Belgija, Estonija, Njemačka	Shannon i Weaver 1949

Tablica 2.4. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Švedski indeks acidifikacije	Multimetrički indeks temeljen na pet kategorija: prisutnost EPT svojti, prisutnost vrsta <i>Gammarus</i> spp., prisutnost svojti osjetljivih na acidifikaciju, omjer broja jedinki <i>Baetis</i> spp. i Plecoptera, Ukupan broj svojti	Estonija	Henriksson i Medin 1986.; Johnson 1999.; Timm i Möls 2012.
Ukupan broj (bogatstvo) svojti	Ukupan broj (bogatstvo) svojti, temeljen na specificiranim razinama determinacije pojedinih skupina	Belgija, Estonija, Slovenija	Gabriels i sur., 2010.

2.4. Metode ocjene ekološkog stanja jezera u zemljama članicama EU: makrofita

Svaka od metoda temelji se na (i) određivanju abundancije makrofitske vegetacije koja se, ovisno o državi izražava na različite načine (npr. kao dubina kolonizacije, množinom submerzne vegetacije, ukupnom pokrovnošću, srednjom pokrovnošću itd.), (ii) određivanju sastava makrofitske vegetacije (temelji se na izražavanju sastavu vrsta, bilo ukupnog, bilo indikatorskih vrsta ili odabranih vrsta) i (iii) izračunu indeksa koji pokazuju odgovor na pritiske. Tu postoji velik broj predloženih indeksa koji u većoj ili manjoj odgovaraju na pritiske (eutrofikacija, hidromorfološke modifikacije i opća degradacija) koji su izraženi indikatorima pritiska (relativna učestalost makrofita, ukupni fosfor, ukupni dušik, *klorofil a* i prozirnost). Neke od nacionalnih metoda uključuju i (iv) mjere funkcionalne različitosti ili bogatstva makrofita (npr. životni oblici, morfološke grupe, zonalnost vegetacije i raznolikost zajednica) (tablica 2.5) (Poikane i sur. 2015).

Tablica 2.5. Opis interkalibriranih metoda koji koriste makrofite za ocjenu stanja stajačica korištenih u zemljama članicama.

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
% <i>Chara</i> spp.	Postotni relativni udio svih svojti <i>Chara</i> spp. Samo za stajačice sa alkalitetom > 100 mg/L CaCO ₃	Irska	Free i sur., 2006.; Portielje i sur., 2014.
% <i>Eloдея</i> spp.	Postotni relativni udio svih svojti <i>Eloдея</i> spp.	Irska	Free i sur., 2006.; Portielje i sur., 2014.
% tolerantnih svojti	Postotni relativni udio tolerantnih svojti (sa vrijednostima TP>25 µg/L, Free i sur., 2006.)	Irska	Free i sur., 2006.; Portielje i sur., 2014.

Tablica 2.5. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Abundancija osjetljivih/tolerantnih svojti	Relativna abundancija vrsta <i>Chara tomentosa</i> / <i>Chara aspida</i> , <i>Cladium mariscus</i> (samo za priobalne stajačice)	Estonija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija osjetljivih/tolerantnih svojti	Relativna abundancija vrsta <i>Potamogeton perfoliatus</i> / <i>P. lucens</i> (samo za stajačice sa visokim alkalinitetom)	Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija Ceratofilida/ Lemnida	Relativna abundancija porodica Ceratofilida/ Lemnida (samo za stajačice sa visokim alkalinitetom)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija harofita / briofita	Relativna abundancija porodica harofita / briofita (samo za stajačice sa visokim alkalinitetom)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija elodeida	Relativna abundancija elodeida (samo za stajačice sa niskim alkalinitetom)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija nitastih algi	Relativna abundancija nitastih algi (samo za stajačice sa visokim alkalinitetom)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija flotantnih svojti	Relativna abundancija flotantnih svojti: <i>Potamogeton natans</i> , <i>Nuphar lutea</i> , <i>Nyphaea candida</i> , <i>N. alba</i> (samo za stajačice sa niskim alkalinitetom)	Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija helofita	Relativna abundancija helofita <i>Acorus calamus</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Glyceria maxima</i> itd. (samo za stajačice sa niskim alkalinitetom)	Latvija	Portielje i sur., 2014.
Abundancija isoedita	Relativna abundancija isoedita (samo za stajačice sa niskim alkalinitetom)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.

Tablica 2.5. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Abundancija submerzne vegetacije	Procjena abundancije submerzne vegetacije za cijelu stajaćicu	Belgija	Leyssen i sur., 2005; Portielje i sur., 2014.
Prosječna dubina prisutnosti	Srednja vrijednost svih izmjerenih dubina na kojima su zabilježeni makrofiti (flotantni i submerzni)	Irska	Free i sur., 2006.; Portielje i sur., 2014.
Dubina kolonizacije	Maksimalna dubina kolonizacije submerznih makrofita	Austrija, Danska, Estonija, Irska, Italija, Njemačka, Litva, Latvija, Slovenija	Søndergaard i sur., 2010. i 2013.
Indeks kolonizacije	Omjer vegetacijske površine i potencijalne fitolitoralne površine s granicom izobate dubine 2,5 metara (za stajaćice do 2,5 metra dubine)	Poljska	Ciecierska i Kolada 2014.; Portielje i sur., 2014
Dubinska granica za harofite	Maksimalna dubina kolonizacije Charophyta	Slovenija	Pall i sur., 2014.
Dubinska granica za mahovine	Dubinska granica za mahovine (samo za stajaćice sa niskim alkalitetom i srednjom dubinom većom od 3 metra)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Opis zajednice makrofita	Najvažnije svojte rangirane prema abundanciji (npr., <i>Elodea</i> , <i>Potamogeton</i> , Charophyta za stajaćice sa niskim alkalitetom, umjerenog statusa)	Estonija, Latvija	Portielje i sur., 2014.
Indeks sličnosti	Bray-Curtis udaljenost između trenutnog i referentnog transekta izračunatog korištenjem maksimalne abundancije u različitim dubinskim zonama	Italija	Oggioni i sur., 2011.; Pall i sur., 2014.

Tablica 2.5. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Indeks disturbacije	Indeks osjetljivosti temeljene na vrijednosti uznemiravanja i abundanciji indikatorskih svojti osjetljivih na disturbancije	Belgija	Leyssen i sur., 2005; Portielje i sur., 2014.
Dominacija odabranih svojti	Dominantne sastojine <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>C. submersum</i> , <i>Elodea canadensis/nuttalli</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Najas marina</i> subsp. <i>Intermedia</i> ili <i>Potamogeton pectinatus</i>	Njemačka	Schaumburg i sur., 2004.
Dominacija odabranih svojti	Dominantne sastojine <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>C. submersum</i> , <i>Elodea canadensis</i> , <i>Najas marina</i> ili <i>Potamogeton pectinatus</i>	Liva	Portielje i sur., 2014
Metrika formi rasta	Forme rasta (sumerni, emerzni, flotantne alge, amfibijski) pokrov izražen u postotku (%) ukupne površine	Nizozemska	Portielje i sur., 2014
IBML indeks	Indeks osjetljivosti temeljen na indikatorskim vrijednostima i abundanciji indikatorskih svojti	Francuska	Pall i sur., 2014.
Metrike indikatorskih vrsti	Indeks izračunat na temelju specifičnih karakteristika svoti, njihovih ocjena i abundancije	Nizozemska	Portielje i sur., 2014
Invazivne vrste	Abundancija egzotičnih svojti (Celesti-Grapow i sur., 2010.) izražena kao udio ovih svojti u ukupnoj abundanciji	Italija	Oggioni i sur., 2011.; Pall i sur., 2014.
LMNI indeks	Indeks makrofita i nutrijenata stajačica, izračunat kao srednja vrijednost ocjene makrofita prema preferenciji nutrijenata	Ujedinjeno Kraljevstvo	Willby i sur., 2009.
Makrofitske forme rasta	Definiranje očekivanog spektra svih makrofitskih formi rasta na za svaku stajačicu	Belgija	Leyssen i sur., 2005; Portielje i sur., 2014.

Tablica 2.5. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Srednja vrijednost pokrova	Srednja vrijednost pokrova hidrofita izračunata kao suma relativnih udjela svih svojti podijeljena sa brojem svojti	Ujedinjeno Kraljevstvo	Willby i sur., 2009.
Broj funkcionalnih skupina	Broj funkcionalnih skupina prisutnih u stajačici	Ujedinjeno Kraljevstvo	Willby i sur., 2009.
Broj svojti	Ukupan broj svojti prisutnih u stajačica	Latvija, Ujedinjeno Kraljevstvo	Portielje i sur., 2014.; Willby i sur., 2009.
Pielou-ov indeks	Indeks ujednačenosti, Omjer stvarne i maksimalne vrijednosti Shannon-ovog indeksa raznolikosti	Poljska	Ciecierska i Kolada 2014.; Portielje i sur., 2014
Trofičke vrijednosti za biljke	Prosjeak svih trofičkih vrijednosti za pojedine svojte temeljene na vrijednostima ukupnog fosfora u proljetno vrijeme kad su svojte prisutne	Irska	Free i sur., 2006.; Portielje i sur., 2014.
PMA indeks	Postotni model afiniteta, indeks mjeri sličnost zajednice makrofita sa modeliranom zajednicom referentnih uvjeta	Finska	Novak i Bode, 1992.; Hellsten i sur., 2014.
Prisutnost indikatorskih svojti	Prisutnost svojti koji indiciraju uvjete sa niskom koncentracijom nutrijenata	Danska	Søndergaard i sur., 2010.; Portielje i sur., 2014.
PTST indeks	Udio tipskih svojti (referentnih) u ukupnom broju svojti	Finska	Leka i sur., 2008; Hellsten i sur., 2014.
Referentni indeks	Indeks izračunat temeljem abundancije osjetljivih, indiferentnih i tolerantnih svojti	Njemačka	Schaumburg i sur., 2004.
Referentni indeks	Indeks izračunat temeljem abundancije osjetljivih, indiferentnih i tolerantnih svojti	Litva	Portielje i sur., 2014.

Tablica 2.5. Nastavak

Metrika	Opis	Zemlja članica	Referenca
Relativni pokrov nitastih algi	Udio pokrova nitastih algi izražen u postocima (od ukupnog makrofitskog pokrova)	Ujedinjeno Kraljevstvo	Willby i sur., 2009.
Indeks kompozicije vrsta	Sličnost promatrane i modelirane referentne zajednice izražene u udaljenosti Bray-Curtis indeksa sličnosti	Austrija	Beals, 1984.; Pall i Moser, 2009.
Ukupni pokrov	Srednja vrijednost relativnog pokrova submerznih makrofita u plitkim jezerima (do 3 metra dubine)	Danska	Søndergaard i sur., 2010.; Portielje i sur., 2014.
Trofički indeks	Indeks temeljen na indikatorskim vrijednostima i abundanciji svake svojte u različitim dubinskim zonama	Austrija, Slovenija	Melzer i sur., 1988.; Melzer, 1999.; Pall i Moser, 2009.
Trofički indeks	Razlika između broja tolerantnih i osjetljivih svojti	Finska	Penning i sur., 2008.; Hellsten i sur., 2014.
Trofički indeks	Indeks izračunat korištenjem indikatorskih vrijednosti svojti makrofita	Norveška	Hellsten i sur., 2014.
Trofički indeks	Indeks osjetljivosti temeljen na trofičkim vrijednostima indikatorskih svojti	Italija	Oggioni i sur., 2011.; Pall i sur., 2014.
Indeks kompozicije zajednice specifičnih svojti	Indeks temeljen na vrijednostima indikatorskih svojti specifičnih za pojedine tipove stajaćica	Belgija	Leysen i sur., 2005; Portielje i sur., 2014.
Indeks zonacije specifičnih svojti	Definiranje specifičnih svojti makrofita u pojedinim zonama stajaćica	Austrija	Pall i Moser, 2009.
Gustoća vegetacije	Sveukupna abundancija makrofita, izračunata kao kumulativni indeks mase bilja	Austrija	Pall i Moser, 2009.; Pall i sur., 2014.

2.5. Pregled interkalibriranih metoda za ocjenu ekološkog stanja jezera temeljenih na makrofitima za Istočni kontinentalni GIG

Istočno kontinentalni GIG obuhvaća Bugarsku, Mađarsku i Rumunjsku, dakle zemlje koje dijelom zahvaćaju u panonski prostor kojem pripada i Panonska ekoregija Hrvatske. Interkalibrirane metode odnose se na ocjenu ekološkog statusa jezera u koja su uključene znatno promijenjene i umjetne stajačice. Metode iz sve tri zemlje mjere eutrofikaciju i opću degradaciju na temelju sastava vrsta i abundancije makrofita koji služe za izračun referentnog indeksa (RI) i omjera ekološke kakvoće (OEK). Interkalibracijska usporedba te tri metode pokazala je da daju vrlo slične rezultate (Pall i sur. 2016).

Metoda referentnog indeksa temelji se izračunu odnosa vrsta iz tri grupe (A – referentne vrste, B – indiferentne vrste i C – indikatori degradacije). Sustav vrsta određen je u odnosu na referentna stanja u jezerima za svaku od zemalja. Dodatno, mađarski sustav u obzir uzima i monodominantne sastojine određenih vrsta, uglavnom pokazatelja poremećaja.

U sve tri zemlje makrofitima su obuhvaćeni hidrofiti, amfifiti i određeni helofiti uz manje razlike u tretmanu nekih grupa. Također, sastav vrsta se u sve tri nacionalne metode promatra kako relativni udio tip specifičnih referentnih vrsta, indiferentnih vrsta i indikatora poremećaja, a njihova abundancija se određuje pomoću peto stupanjske skale po Kohleru. Na temelju tih podataka računa se jedinstveni metrički indeks – referentni indeks.

Granice klasa su također određene na sličan način H/G granica kao točka gdje referentne vrste gube relativnu dominaciju u zajednici, G/M granica kao točka u kojoj počinju dominirati indiferentne vrste ili pokazatelji poremećaja počinju dominirati nad referentnim vrstama, G/P granica kao točka gdje počinju dominirati pokazatelji poremećaja i P/B granica kao točka u kojoj nestaje makrofitska vegetacija.

Nadalje, pokazano je da sve tri nacionalne metode opisuju eutrofikaciju i opću degradaciju tako da su izračunate korelacije između ekološkog omjera kakvoće i pojedinih indikatora pritisaka (ukupni fosfor, ukupni dušik, amonij, nitrati, klorofil *a*, te Corine upotreba zemljišta za Mađarsku).

Kako je ovaj indeks već primijenjen u Panonskoj ekoregiji (Mađarske i Rumunjske), te kako je već prethodno bio interkalibriran za Njemačku, odlučili smo ga preuzeti i modificirati za Hrvatsku.

Literatura

Armitage PD, Moss D, Wright JF, Furse MT. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* 17:333-347.

Beals EW. 1984. Bray-Curtis ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Adv Ecol Res.* 14:1-55.

Bennion H, Burgess A, Juggins S, Kelly M, Reddihough G, Yallop M. 2012. Assessment of ecological status in UK lakes using diatoms. Report SC070034/TR3, Environment Agency, Bristol.

- Böhmer J, Arbaciauskas K, Benstead R, Gabriels W, Porst G, Reeze B, Timm H. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Central Baltic Lake Benthic invertebrate ecological assessment methods. Report EUR 26504 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Brettum P. 1989. Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.
- Brucet S., Poikane S., Lyche -Solheim A., Birk S. 2013. Biological assessment of European lakes: ecological rationale and human impacts. *Freshwater Biology*, 58 (6) 1106-1115.
- Buzzi F, Morabito G, Marchetto A. 2009. L'indice fitoplanctonico PTIot per la valutazione della qualità ecologica dei laghi In: Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi. Report CNR-ISE, 02-09: 33-49.
- Carvalho L, McDonald C, de Hoyos C, Mischke U, Phillips G, Borics G, Poikane S, Skjelbred B, Lyche Solheim A, Van Wichelen J, Cardoso AC. 2013a. Sustaining recreational quality of European lakes: minimizing the health risks from algal blooms through phosphorus control. *J Appl Ecol*. 50:315-323
- Carvalho L, Poikane S, Lyche Solheim A, Phillips G, Borics G, Catalan J, de Hoyos C, Drakare S, Dudley B, Järvinen M, et al. 2013b. Strength and uncertainty of lake phytoplankton metrics for assessing eutrophication impacts in lakes. *Hydrobiologia* 704:127-140
- Catalan J, Ventura M. 2003. Desenvolupament d'un índex integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua.
- Celesti-Grapow L, Pretto F, Brundu G, Carli E, Blasi C. 2009. Plant invasion in Italy – an overview. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Protezione della Natura. Palombi & Partner Srl, Roma.
- Cemagref 1982. Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des eaux. Rapport Division Qualité des Eaux Lyon, Agence financière de Bassin Rhone - Méditerranée – Corse, Pierre-Bénite. 218 p.
- Ciecierska H, Kolada A. 2014. ESMI: a macrophyte index for assessing the ecological status of lakes. *Environ Mon Assess* 186(9): 5501-5517.
- Davy-Bowker J, Murphy JF, Rutt GP, Steel JEC, Furse MT. 2005. The development and testing of a macroinvertebrate biotic index for detecting the impact of acidity on streams. *Arch Hydrobiol*. 163:383-403.
- Dell'Uomo A. 2004. L'indice diatomoico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. Linee guida. Roma, Firenze: APAT, ARPAT, CTN.
- Ecke F. 2007. Bedomningsgrunder for makrofyter i sjoar – Bakgrundsrapport. Lulea University of Technology, Department of Chemical Engineering and Geosciences, Research Report 2007:17. Swedish
- Free G, Little R, Tierney D, Donnelly K, Caroni R. 2006. A reference based typology and ecological assessment system for Irish lakes. EPA, Ireland.

- Gabriels W, Lock K, De Pauw N, Goethals PLM. 2010. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium). *Limnologica* 40:199-207.
- Hellsten S, Willby N, Ecke F, Mjelde M, Phillips G, Tierney D. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Northern Lake Macrophyte ecological assessment methods. Report EUR 26513 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Hendrickx A, Denys L. 2005. Toepassing van verschillende biologische beoordelingssystemen op Vlaamse potentiële interkalibratielocaties overeenkomstig de Europese Kaderrichtlijn Water – partim “Fytobenthos”. Rapport IN.R.2005.06, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Henrikson L, Medin M. 1986. Biologisk bedömning av försurningspåverkan på Lelångens tillflöden och grundområden 1986. *Aquaekologerna, Älvsborgs län*. Swedish.
- Hering D., Feld C.K., Moog O. & Ofenbock T. 2006. Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia* 566: 311–324.
- Hill MO. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427–432.
- Johnson RK, Goedkoop W. 2007. Bedömningsgrunder för bottenfauna i sjöar och vattendrag. Användarmanual och bakgrundsdokument. SLU, Uppsala. Swedish.
- Johnson RK. 1999. Benthic macroinvertebrates. In: *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar* (Ed. by T. Wiederholm). Naturvårdsverket Förlag, 85-166.
- Jyväsjärvi J, Nyblom J., Härmäläinen H. 2010. Palaeolimnological validation of estimated reference values for a lake profundal macroinvertebrate metric (Benthic Quality Index). *J Paleolimnol.* 44:253-264.
- Kangro K, Laugaste R, Nõges P, Ott I. 2005. Long-term changes and seasonal development of phytoplankton in a strongly stratified, hypertrophic lake. *Hydrobiologia* 47:91–103.
- Kelly M, Ács É, Bertrin V, Bennion H, Borics G, Burgess A, Denys L, Ecke F, Kahlert M, Karjalainen SM et al. 2014a. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Phytobenthos ecological assessment methods. EUR 26512 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Kelly M, Urbanic G, Acs E, Bertrin V, Burgess A, Denys L, Gottschalk S, Kahlert M, Karjalainen SM, Kennedy B, et al. 2014b. Comparing aspirations: intercalibration of ecological status concepts across European lakes using littoral diatoms. *Hydrobiologia* 734:125-141.
- Kelly MG, Juggins S, Bennion H, Burgess A, Yallop M, Hirst H, King L, Jamieson BJ, Guthrie R, Rippey B. 2008. Use of diatoms for evaluating ecological status in UK freshwaters. Science Report: SC030103/SR4. Environment Agency UK.

Knoben RAE, Kamsma PAM, Pot R. (eds.) 2007. Achtergronddocument referenties en maatlatten macrofauna ten behoeve van de kaderrichtlijn water. STOWA, the Netherlands.

Leka J, Toivonen H, Leikola N, Hellsten S. 2008. Makrofyytit Suomen järvien ekologisen laatutekijänä tilan ilmentäjinä. Valtakunnallisen makrofyyttiaineiston käyttö ekologisen tilaluokittelun kehittämisessä. Suomen ympäristö 18.

Lenat DR. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *J N Am Benthol Soc.* 7:222-233.

Lenoir A, Coste M. 1996. Development of a practical diatomic index of overall water quality applicable to the French National Water Board Network. In Rott, E. (ed.), 2nd Workshop on Algae for Monitoring Rivers, Innsbruck 18–19 Sept. 95, Studia Student. G.m.b.H., Innsbruck.

Leyssen A, Adriaens P, Denys L, Packet J, Schneiders A, Van Looy K, Vanhecke L. 2005. Toepassing van verschillende biologische beoordelingssystemen op Vlaamse potentiële interkalibratielocaties overeenkomstig de Europese Kaderrichtlijn Water – Partim “Macrophyten”. Rapport Instituut voor Natuurbehoud IN.R.2004.01, Brussel.

Lyche-Solheim A., Feld C. K., Birk S., Phillips G., Carvalho L., Morabito G., Mischke U., Willby N., Søndergaard M., Hellsten S., Kolada A., Mjelde M., Bohmer J., Miler O., Pusch M.T., Argillier C., Jeppesen E., Torben L. Lauridsen i Poikane S. 2013. Ecological status assessment of European lakes: a comparison of metrics for phytoplankton, macrophytes, benthic invertebrates and fish. *Hydrobiologia* 704:57–74.

Lorenz A, Hering D, Feld CK, Rolauffs P. 2004. A new method for assessing the impact of hydromorphological degradation on the macroinvertebrate fauna in five German stream types. *Hydrobiologia* 516:107-127.

Lyche Solheim A, Phillips G, Drakare S, Free G, Järvinen M, Skjelbred B, Tierney D, Trodd W. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Northern Lake Phytoplankton ecological assessment methods. Report EUR 26503 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Marchetto A, Padedda BM, Mariani MA, Lugliè A, Sechi N. 2009. A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *J. Limnol.* 68(1): 106-121.

Margalef R. 1958. Information theory in ecology, *Gen Syst.* 3:36–71.

McFarland B, Carse F, Sandin L. 2009. Littoral macroinvertebrates as indicators of lake acidification within the UK. *Aquatic Conserv.* 20:S105–S116.

Melzer A. 1999. Aquatic macrophytes as tools for lake management. *Hydrobiologia* 395(396): 181–190.

Melzer, A., R. Harlacher, K. Held, & E. Vogt, 1988. Die Makrophytenvegetation des Ammer-, Woerth- und Pilsensees sowie des Weßlinger Sees. Informationsberichte Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 1/88.

Miler O, Brauns M, Böhmer J, Pusch M. 2013. LAWA-Abschlußbericht „Feinabstimmung des Bewertungsverfahrens von Seen mittels Makrozoobenthos“ (Projekt-Nr. O 5.10)

Mischke U, Riedmüller U, Hoehn E, Schönfelder I, Nixdorf B. 2008. Description of the German system for phytoplankton-based assessment of lakes for implementation of the EU Water Framework Directive (WFD). In: Mischke U. and Nixdorf B. (eds.): Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie Gewässerreport (Nr. 10), BTUC-AR 2/2008, ISBN 978-3-940471-06-2, University press BTU Cottbus, p. 117-146

Ntislidou, Ch., Lazaridou, M., Tsiaoussi, V., Bobori D. 2016. Report on the development of the national assessment method for the ecological quality of natural lakes in Greece, using the Biological Quality Element “Benthic invertebrates” (GLBil, Greek Lake Benthic invertebrate Index). Aristotle University of Thessaloniki, School of Biology, 25p

Novak MA, Bode EW. 1992. Percent model affinity: a new measure of macroinvertebrate community composition. *J N Amer Benthol Soc.* 11:80–85.

Oggioni A, Buzzi F, Bolpagni R. 2011. Indici macrofitici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi: MacroIMMI e MTIspecies. In: AA.VV. (Eds) Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi, pp. 53-82. Report CNR – ISE, 03-11, Verbania-Pallanza.

Ott I, Laugaste R. 1996. Futoplanktoni koondindeks (FKI), uldistus Eesti jarvede kohta. Eesti Keskkonnaministeeriumi infoleht 3: 7–8 [The Phytoplankton Compound Quotient (PCQ), generalisation about Estonian small lakes. Estonian.

Padisák J, Borics G, Grigorszky I, Soróczki-Pintér É. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553, 1–14.

Pall K, Moser V. 2009. Austrian Index Macrophytes (AIM-Module 1) for lakes: a Water Framework Directive compliant assessment system. *Hydrobiologia* 633: 83-104.

Pall K, Bertrin V, Buzzi F, Boutry S, Dutartre A, Germ M, Oggioni A, Schaumburg J, Urbanič G. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Alpine Macrophyte ecological assessment methods. Report EUR 26507 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Pall K., Mayerhofer V., Mayerhofer S., Pall S., 2015. Development of national ecological status assessment methodology for natural lakes based on macrophytes. ANAR ORDER 16477.

Penning EW, Dudley B, Mjelde M, Hellsten S, Hanganu J, Kolada A, Berg van de M, Poikane S, Phillips G., Willby N, et al. 2008. Using aquatic macrophyte community indices to define the ecological status of European lakes. *Aquat Ecol.* 42:253-264.

Phillips G, Free G, Karottki I, Laplace-Treyture C, Maileht K, Mischke U, Ott I, Pasztaleniec A, Portielje R, Søndergaard M, et al. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Central Baltic Lake Phytoplankton ecological assessment methods. Report EUR 26508 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Poikane S., Birk S., Carvalho L., Böhmer J., de Hoyos C., Gassner H., et al. 2015. A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecol. Indic.* 52: 533–544.

Poikane S., Johnson R.K., Sandin L., Schartau A.K., Solimini A.G., Urbanič G., et al., 2016. Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: a review of methods, intercalibration and practical recommendations. *Sci. Total Environ.* 543: 123–134.

Portielje R, Bertrin V, Denys L, Grinberga L, Karottki I, Kolada A, Krasovskienė J, Leiputė G, Maemets H, Ott I, et al. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Central Baltic Lake Macrophyte ecological assessment methods. Report EUR 26514 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Prygiel M, Coste M. 2000. Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'indice biologique diatomées NF T90-354. Agences de l'Eau, MATE, Cemagref Bordeaux. French.

Ptacnik R., Solimini A, Brettum P. 2009. Performance of a new phytoplankton composition metric along a eutrophication gradient in Nordic lakes. *Hydrobiologia* 633: 75-82.

Rask M, Olin M, Ruuhijärvi J. 2010. Fish-based assessment of ecological status of Finnish lakes loagermanyd by diffuse nutrient pollution from agriculture. *Fisheries Manag Ecol.* 17: 126–133.

Rossaro B, Marziali L, Cardoso A-C, Solimini A, Free G, Giacchini R. 2007. A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. *Ecological Indicators* 7:412–429.

Rott E, Pipp E, Pfister P, van Dam H, Ortler K, Binder N, Pall K. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation. Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Wien. German.

Ruse L. 2010. Classification of nutrient impact on lakes using the chironomid pupal exuvial technique. *Ecol Ind* 10:594–601.

Sandin L, Schartau AK, Aroviita J, Carse F, Colvill D, Fozzard I, Goedkoop W, Göthe E, Little R, Mcfarland B et al. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report: Northern Lake Benthic fauna ecological assessment methods. Report EUR 26510 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Schaumburg J, Schmedtje U, Schranz C, Köpf B, Schneider S, Meilinger P, Stelzer D, Hofmann G, Gutowski A, Foerster J. 2004a. Erarbeitung eines ökologischen Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phytobenthos zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Abschlußbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 0330033) und die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Projekt Nr. O 11.03), 635 S., München.

Schaumburg J, Schranz C, Hofmann G, Stelzer D, Schneider S, Schmedtje U. 2004. Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes - a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34:302-314.

Schaumburg J, Schranz C, Hofmann G, Stelzer D, Schneider S, Schmedtje U. 2004b. Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes – a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34: 302–314.

[SEPA] Swedish Environment Protection Agency 2010. Status, potential and quality requirements for lakes, watercourses, coastal and transitional waters – A handbook on how quality requirements in bodies of surface water can be determined and monitored Environmental Protection Agency Handbook 2007:4, Naturvårdsverket. Swedish

Shannon CE, Weaver W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.

Sidagyte E, Visinskiene G, Arbaciauskas K. 2013. Macroinvertebrate metrics and their integration for assessing the ecological status and biocontamination of Lithuanian lakes. *Limnologica* 43: 308-318.

Søndergaard M, Jeppesen E, Jensen JP, Amsinck S. 2005 Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes. *J Appl Ecol*. 42:616-629.

Søndergaard M, Johansson LS, Lauridsen TL, Jørgensen TB, Liboriussen L, Jeppesen E. 2010. Submerged macrophytes as indicators of the ecological quality of lakes. *Freshwater Biol*. 55:893-908.

Søndergaard M, Larsen SE, Jørgensen TB, Jeppesen E. 2011. Using chlorophyll a and cyanobacteria in the ecological classification of lakes. *Ecol Ind*. 11:1403-1412.

Søndergaard M, Phillips G, Hellsten S, Kolada A, Ecke F, Mäemets H, Mjelde M, Azzella MM, Oggioni A. 2013. Maximum growing depth of submerged macrophytes in European lakes. *Hydrobiologia* 704:165–177.

Stenger–Kovács C, Padisák J, Hajnal É, Buczkó K. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589:141–154.

Sutela T, Olin M, Vehanen T, Rask M. 2007. Hajakuormituksen vaikutukset järvien ja jokien kalastoon ja ekologiseen tilaan. Riistaja kalatalougermanyn tutkimuslaitos. Kalaja riistaraportteja 411.

Tikkanen T. 1986. *Kasviplanktonopas (Phytoplankton guide)*. Suomen Luonnonsuojelun Tuki. Swedish.

Timm H, Möls T. 2012. Littoral macroinvertebrates in Estonian lowland lakes: the effects of habitat, season, eutrophication and land use on some metrics of biological quality. *Fund Appl Limnol*. 180/2:145–156.

UKTAG 2008. Assessment methods macrophytes and phytobenthos. Phytobenthos – Diatom assessment of lake ecological quality (DARLEQ1). Water Framework Directive - United Kingdom Advisory Group (WFD-UKTAG). SNIFFER. Scotland. www.wfduk.org

Urbanič G. 2014. A Littoral Fauna Index for assessing the impact of lakeshore alterations in Alpine lakes. *Ecohydrol* 7(2):703-716.

Volta P. 2011. Indice per la valutazione della qualità ecologica dei laghi a partire dalla composizione della comunità ittica: Lake Fish Index (LFI). In: Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi (CNR-ISE Ed.) Report CNR-ISE 03.11.

Wiederholm T. 1980. Use of zoobenthos in lake monitoring. *J. Water Poll Cont Fed* 52:537-547.

Willby N, Pitt JA, Phillips G. 2009. The ecological classification of UK lakes using aquatic macrophytes, Environment Agency Science Reports, Project SC010080/SR, University of Stirling, Stirling, UK.

Willén E. 2007. Växtplankton i sjöar – bedömningsgrunder. Institutionen för Miljöanalys (SLU). Rapport 2007:5.

Zelinka M, Marvan P. 1961. Zur präzisierung der biologischen klassifikation der reinheit fliessender gewasser. *Archi Hydrobiol* 57:389-407.

3. PREGLED TIPOVA I METODA KOJE SE KORISTE U EU DRŽAVAMA ZA OCJENU STANJA VODA STAJAĆICA KOJA NISU PRIRODNOG PORIJEKLA

Tipologija umjetnih stajaćica i akumulacija je u pojedinim interkalibracijskim grupama sagledavana zajedno s prirodnim stajaćicama. Često se tipologija stajaćica bazira isključivo na akumulacijama (Mediterranski GIG) ili se akumulacije navode kao zaseban tip (Istočno kontinentalni GIG).

Mnoga europska jezera pripadaju kategoriji umjetnih (npr. ribnjaci) ili znatno promijenjenih stajaćica (npr. akumulacije koje služe za navodnjavanje ili proizvodnju električne energije). Za ovu kategoriju vodnih tijela određuje se ekološki potencijal umjesto ekološkog stanja. Zemlje članice EU deklarirale su 15,8 % slatkovodnih stajaćica kao umjetna ili znatno promijenjena vodna tijela (EEA, 2012). Dok se ekološki status određuje u odnosu na neporemećene tip-specifične referentne uvjete, ekološki potencijal se određuje u odnosu na situaciju u kojoj su negativni efekti ublaženi koliko je najviše moguće uzimajući u obzir „cost-benefit“ omjer mjera ublažavanja (Borja i Elliott 2007). Iako ODV zahtijeva interkalibraciju bioloških metoda za sva vodna tijela, uključujući znatno promijenjena i umjetna, dosad je težište bilo gotovo isključivo na prirodnim vodnim tijelima. Interkalibracija metoda za ocjenu ekološkog potencijala započela je tek nedavno, a fokus joj je uglavnom na usporedbi i usklađivanju kako različite zemlje primjenjuju mjere ublažavanja kod različite upotrebe voda, te kako se postojeće biološke metode primjenjuju u njihovoj klasifikaciji.

Prilikom ocjene ekološkog potencijala primjenjuju se isti BEK, ali je prisutna značajna razlika u pristupu pri određivanju referentnih uvjeta, odnosno maksimalnog ekološkog potencijala, koji čine osnovu svakog biološkog sustava ocjene slatkih voda. Ocjena stanja stajaćica koje nisu prirodnog podrijetla uglavnom se temelji na istim metrikama i principima kao i prilikom ocjene stanja prirodnih stajaćica, ali se isključuju iz ocjene oni pritisci radi kojih je došlo do proglašavanja znatno promijenjenog vodnog tijela (npr. promjene u hidrologiji i geomorfologiji).

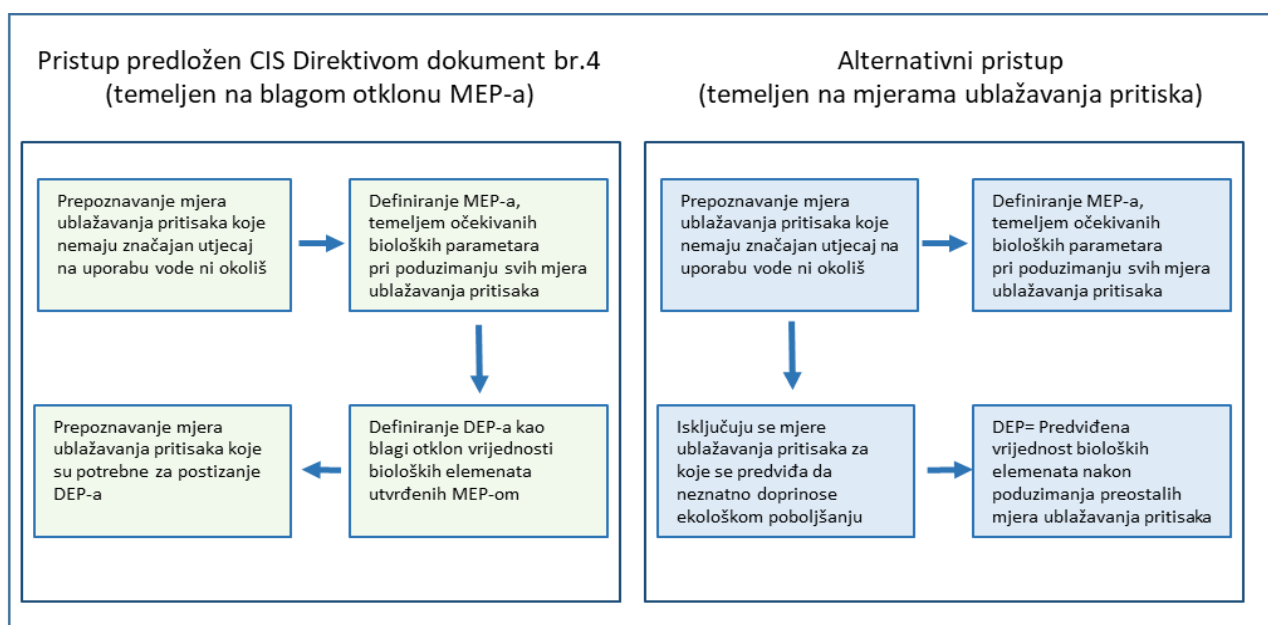
Iako su referentni uvjeti definirani isključivo za prirodna vodna tijela, ocjenu kakvoće prema ODV potrebno je dati za umjetna (antropogena), kao i za znatno promijenjena vodna tijela čije su hidromorfološke značajke znatno promijenjene u odnosu na prirodno stanje. Zbog specifičnosti gospodarenja i korištenja, za takva je vodna tijela umjesto dobrog ekološkog stanja ODV određuje postizanje „dobrog ekološkog potencijala“ (engl. good ecological potential, GEP). Slično dobrom ekološkom stanju, dobar ekološki potencijal (DEP) je relativna mjera gdje maksimalni ekološki potencijal vodnog tijela (engl. maximum ecological potential, MEP) predstavlja referentno stanje.

3.1. Mogući pristupi korišteni pri definiranju maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala u zemljama članicama EU te pristup primijenjen u ovom elaboratu

Vodno tijelo dobrog ekološkog potencijala (DEP) definirano je malim ili neznatno promijenjenim vrijednostima odgovarajućih bioloških elemenata kakvoće vode u usporedbi s vrijednostima pri maksimalnom ekološkom potencijalu (MEP). Za razliku od prirodnih vodnih tijela na kojima mogu postojati referentna područja (bez ili s gotovo nikakvim oblikom antropogenog utjecaja) s pripadajućim maksimalnim ekološkim stanjem (MES), za umjetna i znatno promijenjena vodna tijela takva područja ne postoje. Stoga je pristup određivanja maksimalnog ekološkog potencijala (MEP) različit određivanju maksimalnog ekološkog stanja (MES).

Tijekom implementacije ODV-a u državama članicama EU predložena su dva načina određivanja DEP-a.

Prvi pristup predlaže određivanje DEP-a iz MEP-a, koji je referentan za znatno promijenjeno vodno tijelo (engl. Heavy modified water body - HMWB). Definicija MEP-a kao ključnog elementa utvrđuje se određivanjem očekivanih bioloških vrijednosti ukoliko su poduzete sve mjere ublažavanja negativnih utjecaja. Ekološki uvjeti vodnih tijela za koje se može procijeniti MEP mogu odražavati uvjete karakteristične za najbliži usporedivi tip prirodnog vodnog tijela u referentnom stanju. Drugi, tzv. "alternativni praški pristup", temelji se na utvrđivanju mjera ublažavanja (koje uključuju sve moguće korake koji se mogu poduzeti za ublažavanje štetnih utjecaja ljudskih aktivnosti). Slično prethodnom konceptu, MEP je definiran procjenom očekivanih bioloških vrijednosti ukoliko su poduzete sve moguće mjere ublažavanja. Međutim, u ovom se pristupu DEP ne određuje izravno iz MEP-a, već se može približno odrediti iz očekivanih bioloških vrijednosti u slučajevima kada su poduzete mjere s izraženim pozitivnim učincima na kvalitetu umjetnog ili znatno promijenjenog vodnog tijela (HMWB). Pri tome se u obzir ne uzimaju mjere koje uvjetuju/omogućuju tek blago poboljšanje. Razlike između dvaju navedenih pristupa prikazane su na slici 3.1.



Slika 3.1. Mogući načini uspostavljanja dobrog ekološkog potencijala (DEP).

U ovom je elaboratu primijenjen prvi pristup pri određivanju maksimalnog i dobrog ekološkog potencijala te njihovih graničnih vrijednosti.

Tijekom određivanja DEP-a i MEP-a za akumulacije u Republici Hrvatskoj provedeni su sljedeći koraci:

1. Temeljem hidromorfoloških karakteristika vodnih tijela i prema mjerilima kriterija bioloških elemenata potrebno je odrediti najbližu usporedivu prirodnu kategoriju slatkovodnog ekosustava.
2. Nakon odabira prikladnog kategorije (rijeke ili jezera) prema opisnim varijablama određenog tipa i mjerilima bioloških elemenata, određuje se najbliži usporedivi tip vodnog tijela (opisne su varijable tipa one koje utječu na sastav, strukturu i biomasu bioloških elemenata, ali nisu osjetljive na ljudski utjecaj).
3. Ukoliko su vodna tijela ekoregije već svrstana u tip znatno promijenjenog ili umjetnog vodnog tijela, navedena se podjela koristi kao važeća.
4. Odabir prikladnog metričkog sustava (indeksa) za ocjenu stanja bioloških elemenata.
5. MEP se dodjeljuje vodnom tijelu uzimajući u obzir utjecaj svih potrebnih mjera ublažavanja na metrički sustav ocjene stanja bioloških elemenata.
6. Granične vrijednosti DEP-a određuju se temeljem procjene blagog odstupanja od MEP-a.

Ukoliko su metode, koje su razvijene za najbliže usporediva prirodna vodna tijela, primjenjive na umjetna i znatno promijenjena vodna tijela te daju očekivane rezultate, promjene metoda nisu nužne. U tom je slučaju vrlo dobro ekološko stanje (engl. high ecological status, HES) jednako vrlo dobrom ekološkom potencijalu (engl. high ecological potential, HEP), a dobro ekološko stanje (engl. good ecological potential, GES) jednako je dobrom ekološkom potencijalu (engl. good ecological potential, GEP).

Literatura

Borja, A., Elliott, M., 2007. What does 'good ecological potential' mean, within the European Water Framework Directive? Mar. Pollut. Bull. 54, 159–1564.

[EEA] European Environment Agency, 2012. European Waters – Assessment of Status and Pressures. European Environment Agency, Copenhagen.

4. PREGLED HIDROMORFOLOŠKIH PRITISAKA KOJI SU UZROKOM POSTANKA UMJETNIH STAJAĆICA

Rijeke su u svim dijelovima Zemlje pod snažnim pritiskom ljudskih djelatnosti. Već nekoliko tisuća godina, na rijekama je izgrađeno nebrojeno veliki broj brana i uzvodno od njih formiranih akumulacija radi zadovoljavanja potrebe društva za slatkom vodom, navodnjavanjem, proizvodnjom električne energije, pružanje podrške industrijskoj proizvodnji, rekreaciji i turizmu, ribogojstvo, a osobito za potrebe obrane od poplava. Upravljanje vodnim resursima za potrebe ljudi nužno mijenja prirodni hidrološki režim vodotoka i njihova morfološka svojstva.

Brane i njima formirane akumulacije u kombinaciji s upravljanjem riječnim vodnim resursima ostavljaju vrlo brzo snažan pečat na cjelokupni okoliš. Najuočljivije, i prije svega se mijenja krajobraz, ali značajno mijenja i sastav zajednica vodenih organizama. Jedan od najnepovoljnijih efekata izgradnje hidroelektrana je izmjena hidromorfologije vodenog tijela i njegovog ekološkog stanja koje se mijenja i ocjenjuje se kao ekološki potencijal.

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

a. Prekid riječnog i stanišnog kontinuiteta (longitudinalne povezanosti)

Akumulacije i brane prekidaju uzdužnu komunikaciju unutar riječnog sustava izazivajući na taj način brojne i često nenadoknadle štete riječnim ekosustavima. Kao dugački linearni ekosustavi, rijeke i potoci su izrazito osjetljivi na presijecanje, a uzdužna povezanost je ključna za njihovo optimalno funkcioniranje. Prisutnost poprečnih prepreka i građevina u riječnim koritima ima ozbiljne ekološke posljedice jer je spriječen prirodan tok vode, nanosa, vodenih organizama i drvenih ostataka. Kako mnoge vrste u velikoj mjeri ovise o različitim stanišnim karakteristikama, naročito za reprodukciju, neophodan je prolaz uzvodno i nizvodno.

b. Razdvajanje susjednih močvarnih/poplavnih područja

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

c. Hidrološke promjene

Hidrološke promjene odnose se na pritiske koji su posljedica formiranja akumulacija, zahvaćanja vode i oscilacija vodnog lica (engl. hydropeaking), odnosno izmijenjenog režima protoka. Formiranje akumulacije dovodi do značajnih promjena / smanjenja brzine strujanja vode i akumuliranja finog sedimenta. Zahvaćanje vode u komunalne, industrijske, poljoprivredne i druge svrhe, dovodi do promjene kakvoće i protoka tekućice. Oscilacije vodnog lica dovode do promjene protoka duž rijeke, a ključni pokretač su hidroelektrane. Posljedica pregrađivanja rijeka su i veće hidrološke promjene kao što su erozija riječnog korita nizvodno od brane, podizanje temperature vode te povećana sedimentacija i fluktuacija vodostaja (Wang i Hu, 2009; Petts, 1985).

U novoformiranim akumulacijama dolazi do značajnih promjena u sastavu vodenih zajednica, jer nestaju lotička svojstva kao što su strujanje i mehanička aeracija te se razvijaju zajednice s lentičkim obilježjima (Polak, 2004). U dubljim akumulacijama tijekom toplijeg dijela godine dolazi do stratifikacije temperature vode i drugih fizikalno-kemijskih obilježja. Pridneni sloj vode u hipolimniju je značajno hladniji u odnosu na površinski epilimnijski sloj. Ako se voda iz akumulacije ispušta pri dnu, što je najčešći slučaj, nizvodno u riječni tok tijekom ljeta puštaju se značajno hladnije vode koje mogu imati značajne posljedice u tom dijelu rijeke.

Akumulacije se odlikuju i većim dotokom i akumuliranjem hranjivih tvari što uzrokuje ubrzavanje procesa eutrofikacije, cvjetanja algi i učestale pojave deficita kisika (pridnenu anoksiju) i smanjenu prozirnost vode (Wiatkowski, 2011).

U akumulacijama se značajno smanjuje brzina strujanja vode, što ima za posljedicu razvijanje sasvim nove, planktonske zajednice koja je prirodno prisutna samo u donjim tokovima vrlo velikih rijeka (potamoplankton). Zajednica ostaje postojana i nakon ispuštanja određene količine vode iz akumulacije (Baxter, 1977).

d. Morfološke promjene

Ključne pokretačke silnice morfoloških promjena riječnih staništa uključuju zaštitu od poplava, plovidbu, hidroenergetske zahvate i urbanizaciju. Glavni uzroci morfoloških promjena uključuju promjene riječne geometrije, supstrata, poprečnog i uzdužnog presjeka kanala, strukture obale i lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja. Povećano taloženje sedimenta blizu brana mijenja mikrostanište makrozoobentosu (Rabeni and Jacobson, 1993) što uzrokuje promjenu u sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa. Promjena se očituje tako da makroskopski beskralješnjaci koji su prije nastanjivali takva staništa više nisu u mogućnosti opstati budući da se značajno mijenjaju fizikalno-kemijska obilježja vode i izvori hrane. Takva staništa počinju naseljavati makroskopski beskralješnjaci koji mogu živjeti u novonastalim uvjetima (Baxter, 1977).

Literatura

Baxter R. M. 1977. Environmental Effects of Dams and Impoundments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8(1), 255–283.

Petts G. E. 1985. Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management. *Environmental Conservation*, 12(4), 380.

Polak J. 2004. Nitrification in the surface water of the Włocławek Dam Reservoir. The process contribution to biochemical oxygen demand (N-BOD). *Polish Journal of Environmental Studies*, 13(4), 415–424.

Rabeni C. F., Jacobson R. B. 1993. The importance of fluvial hydraulics to fish-habitat restoration in low gradient alluvial streams. *Freshwater Biology*, 29:211–220.

Vollenweider R.A., Kerekes J. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate

Wang Z., Hu C. 2009. Strategies for managing reservoir sedimentation. *International Journal of Sediment Research*, 24(4), 369–384.

Wiatkowski M. 2011. Influence of ślup dam reservoir on flow and quality of water in the Nysa Szalona river. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(2), 469–478.

5. ZNAČAJKE ISTRAŽIVANIH AKUMULACIJA I RETENCIJA

Šljunčara Rakitje

Umjetno jezero u Rakitju nastalo je eksploatacijom šljunka tijekom 20 stoljeća. Nalazi se pored mjesta Sv. Nedelja. Ukupna površina jezera je oko 2 km². Prosječna dubina je 2,5 m, a maksimalna 5 m. Danas uglavnom ima sportsko-rekreacijsku namjenu (slika 5.1).



Slika 5.1. Šljunčara Rakitje.

Jezero Jarun

Nalazi se u zapadnom dijelu grada Zagreba. Izgradnjom nasipa uz Savu 1964. godine, stari riječni rukavac fizički je odvojen od same rijeke. Uslijed vađenja šljunka koji se koristio za izgradnju nasipa, stari riječni rukavac se pretvara u jezero. Početkom izgradnje SRC-a Jarun uređeno je jezero površine 6,4 km². Srednja dubina jezera je oko 4-4,5 m. Dakle, Jarun danas ima sportsko-rekreacijsku namjenu (slika 5.2).



Slika 5.2. Veslačka staza na jezeru Jarun.

Šljunčara Novo Čiče

Aktivna šljunčara koja je smještena u naselju Novo Čiče, 4 km južno od grada Velike Gorice (slika 5.3). Iskapanjem i iskorištavanjem šljunka nastalo je više umjetnih jezera od kojih je najveće i najdublje jezero Novo Čiče. Površina jezera je 1,6 km², Prosječna dubina je 15 m, a maksimalna 40 m.



Slika 5.3. Šljunčara Novo Čiče.

Akumulacija HE Varaždin

Akumulacija HE Varaždin je umjetno akumulacijsko jezero na rijeci Dravi nastalo izgradnjom brane za potrebe HE Varaždin 1975. godine. Nalazi se uz slovensko-hrvatsku granicu, jugozapadno od grada Ormoža. Nasuti dio brane širine je 326 m, dok je širina betonskog dijela 124,5 m. Duljina akumulacije od brane do repa iznosi 8,7 km. Uz energetska iskorištavanje, kao primarnu namjenu, akumulacija služi i za obranu od poplava te sport i rekreaciju. Površina jezera je 3 km². Prosječna dubina je 5 m, a maksimalna 9 m (slika 5.4).



Slika 5.4. Pogled s lijevog nasipa, u blizini brane, na akumulacijsko jezero HE Varaždin.

Akumulacija HE Čakovec

Akumulacija HE Čakovec je umjetno akumulacijsko jezero na rijeci Dravi nastalo izgradnjom brane (nasuti dio brane širine je 300 m, a betonski 23,5 m) za potrebe HE Čakovec 1982. Duljina akumulacije od brane do repa iznosi 8,7 km. Površina jezera je 10,5 km². Prosječna dubina je 7 m, a najveća dubina 13 m. Nalazi se na rijeci Dravi na potezu od grada Varaždina do naselja Šemovec. Uz energetske iskorištavanje, kao primarnu namjenu, akumulacija služi i za obranu od poplava, navodnjavanje te sport i rekreaciju (slika 5.5).



Slika 5.5. Pogled s repnog dijela na akumulacijsko jezero HE Čakovec.

Akumulacija HE Dubrava

Akumulacija HE Dubrava je umjetno akumulacijsko jezero na rijeci Dravi uz grad Prelog, a nastalo je izgradnjom brane (nasuti dio brane širok je 380 m, a betonski 112 m) za potrebe HE Dubrava. Duljina akumulacije od brane do repa iznosi 11,2 km. Prvo punjenje akumulacije izvršeno je 1989. godine. Površina jezera je 16,6 km², prosječna dubina je 8 m. Uz energetske iskorištavanje, kao primarnu namjenu, akumulacija služi i za obranu od poplava te sport i rekreaciju. Akumulacija HE Dubrava je posljednja je u nizu od 3 hidroelektrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj do ušća Mure (slika 5.6).



Slika 5.6. Pogled s betonskog nasipa na akumulacijsko jezero HE Dubrava.

Akumulacija Popovac

Akumulacija Popovac (slika 5.7) izgrađena je na vodotoku Garešnica u Trnovitičkom Popovcu, izgradnjom zemljane brane visine 13 m. Prvo punjenje akumulacije bilo je 1985. godine. Površina jezera je 10,75 km². Prosječna dubina je 2 m. Namjena akumulacije je opskrba ribnjaka i obrana od poplava.



Slika 5.7. Akumulacija Popovac.

Akumulacija Pakra

Akumulacijsko jezero smješteno na rijeci Pakri u blizini grada Kutine u mjestu Banovoj Jaruzi. Akumulacije je nastala izgradnjom zemljane brane visine 5-8 m, a prvo punjenje akumulacije izvršeno je 1981. godine. Površina akumulacijskog jezera je 2,7 km². Najveća dubina je 6 m. Osim obrane od poplava, akumulacija služi i za vodoopskrbu te opskrbu ribnjaka (slika 5.8).



Slika 5.8. Akumulacija Pakra.

Akumulacija Lapovac

Akumulacija Lapovac kod Našica izgrađena je na vodotoku Vujnovac formiranjem nasute brane. Pripada slijevnom području rijeke Vučice, desne pritoke rijeke Drave. Duljina akumulacije od brane do repa iznosi 2,6 km. Površina jezera je 0,5 km². Prosječna dubina je 5,5 m, a najveća dubina je 11m. Prvo punjenje akumulacije bilo je 1993. godine. Radi se o višenamjenskoj akumulaciji kojoj je primarna zadaća obrana od poplava i zadržavanja voda s brežuljkastog područja sjeveroistočnog dijela Krndije i sprječavanja od poplava. Akumulacija služi i za opskrbu ribnjaka te za sport i rekreaciju (slika 5.9).



Slika 5.9. Akumulacija Lapovac.

Akumulacija Borovik

Akumulacija Borovik izgrađena je 1978, formiranjem nasute zemljane brane. Duljina akumulacije od brane do repa iznosi 4.5 km, a prosječna širina joj je oko 200 metara. Zapremnina do kote preljeva brane iznosi 7.950.000 m³. Radi se o višenamjenskoj akumulaciji na rijeci Vuki, čija je primarna namjena obrana od poplava i navodnjavanje. Sagrađena je na području današnjih općina Drenje i Levanjska Varoš (slika 5.10).



Slika 5.10. Akumulacija Borovik.

Akumulacija Jošava

Akumulacijsko jezero Jošava nalazi se oko 2 km sjeveroistočno od grada Đakova. Proteže se od željezničkog nasipa Đakovo-Osijek do zemljane brane visine 5 m, koja se nalazi oko 2 km nizvodno. Izgrađeno je 1964. godine na vodotoku Jošavi. Zemljana brana jezera popravljena je tijekom 1993. i 1994. godine. Dubina jezera kreće se od 70 cm do 3 m. Namjena akumulacije je sport i rekreacija te obrana od poplava (slika 5.11).



Slika 5.11. Akumulacija Jošava.

Akumulacija Grabovo

Izgrađena 1985. godine je pregradnjom vodotoka Savak zemljanom branom visine 8-10 m. Nalazi se u blizini memorijalnog centra Ovčara, kod Vukovara. Grabovo je samo jedan mali dio tzv. Tompojevačkih ritova. Danas se uglavnom snabdijeva vodom iz podzemnih izvora. Radi se o depresiji ukupne površine 1,26 km², prosječne dubine 3 m, a najveća dubina je 5m (slika 5.12).



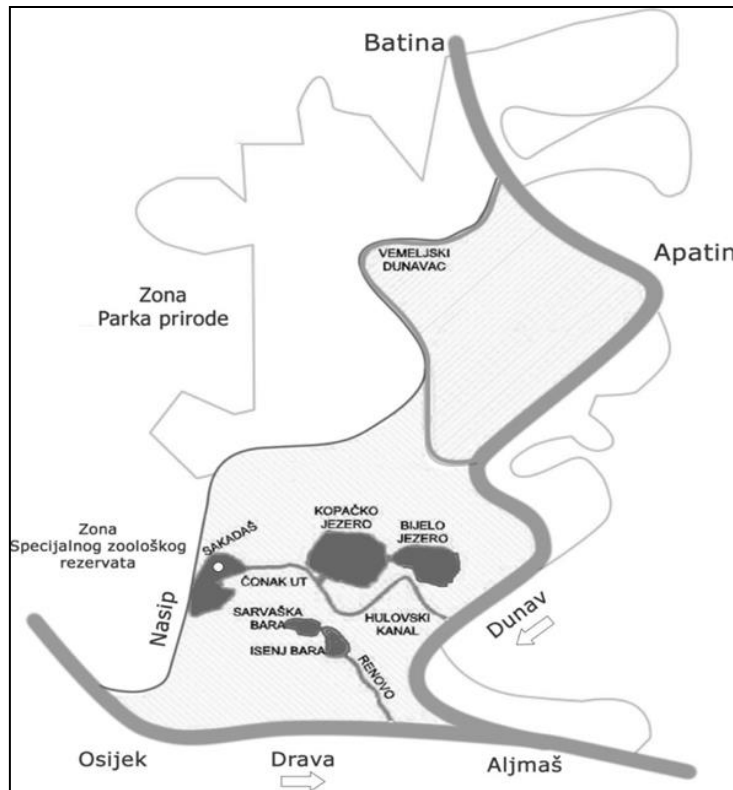
Slika 5.12. Akumulacija Grabova.

Sakadaško jezero

Sakadaško jezero dio je Parka prirode Kopački rit, poplavnog područja rijeke Dunav. Radi se o najdubljoj vodena depresija u ritu koja je nastala 1926. godine kada su visoke dunavske vode probile nasip Zmajevac-Kopačevo i tu se zadržale. Zbog rekonstrukcije obrambenog nasipa jezero je dodatno produbljeno i prošireno 1969. godine te mu danas za vrijeme srednjih vodostaja dubina iznosi preko 7 m. Sakadaško jezero ima površinu od oko 0,12 km². Ovalnog je oblika i relativno strmih obala te je zbog svog položaja uz nasip i cestu polazište vodenih putova kroz Kopački rit. Približno je udaljeno oko 10 km od Dunava (slike 5.13 i 5.14).



Slika 5.13. Sakadaško jezero.



Slika 5.14. Položaj jezera Sakadaš u Parku prirode Kopački rit.

Biljsko jezero

Poznatije je pod nazivom Stara Drava, jer se radi o starom rukavcu rijeke Drave. Nalazi se južno od naselja Bilje. Ukupna vodena površina ovog starog dravskog toka iznosi 0,56 km², a podijeljena je na dva jezera mostom i ustavom. Prosječna dubina je 4 m (slika 5.15).



Slika 5.15. Biljsko jezero.

Šoderica Koprivnica

Nalazi se u blizini sela Botovo te je udaljeno je od dravske obale oko 400-500 metara.. Radi se o umjetnom jezeru (šljunčari) koja je nastala djelatnošću na iskorištavanju prirodnih mineralnih sirovina šljunka i pijeska. Eksploatacija šljunka započela je još 1869. godine. Šoderica se prihranjuje vodom intersticijem iz rijeke Drave. Prosječna dubina najstarijeg, odnosno sjevernog dijela jezera je oko 8 metara, premda je veći dio središnjeg dijela jezera plićak s dubinama vode koje se kreću od 0,5 do 2 metra. Dubina vode u južnom dijelu je znatno veća i mjestimično se kreće do 20 metara. Površina šljunčare je oko 1,5 km². Namjena šoderice danas je sportsko-rekreacijska (slika 5.16).



Slika 5.16. Šoderica Koprivnica.

Retencija Londža

Retencija je formirana 2008. godine, zemljanim nasutom na vodotoku Londža. Namjena retencije je obrana od poplava, ali najveći dio godine retencija je bez vode te nije moguće sakupljanje ikakvih bioloških uzoraka (slika 5.17).



Slika 5.17. Retencija Londža.

Retencija Razbojište

Retencija je formirana 1985. godine izgradnjom nasute brane na vodotoku Razbojište. Područjem retencije prolazi manji vodotok i najvećim dijelom godine nisu prisutni lentički uvjeti te nisu moguća uzorkovanja bioloških elemenata metodama za stajaćice (slika 5.18).



Slika 5.18. Retencija Razbojište.

Retencija Vonarje (Sutlansko jezero)

Retencija je formirana 1976. godine formiranjem nasute zemljane brane (visine 14,85 m) na rijeci Sutli. Namjena retencije je prihvat vodnih valova i obrana od poplava, te najvećim dijelom godine područjem retencije teče rijeka Sutla, te nije moguće uzorkovanje bioloških elemenata metodama za stajaćice (slika 5.19).



Slika 5.19. Retencija Vonarje.

5.1. Istraživačke postaje

Prema projektnom zadatku uzorkovanje je predviđeno u 16 akumulacija i 2 retencije. Obiđene su obje retencije (Lonđa i Razbojište), no uzorkovanja bioloških elemenata nisu bila moguća jer su retencije bile bez vode. Akumulacija Sutlansko jezero je u naravi također retencija, te također nisu uzrokovani biološki elementi kakvoće. Na području predviđene akumulacije prisutno je samo korito rijeke Sutle. Na navedenom području uzorkovanje fitobentosa, makrozoobentosa i makrofita je moguće metodologijom koja se koristi u tekućicama. Također predlažemo da se ocjena ekološkog stanja navedenog dijela toka rijeke Sutle provede prema metodologiji za tekućice.

Terenska istraživanja i prikupljanje uzoraka makrozoobentosa, fitobentosa i makrofita u akumulacijama i umjetnim stajaćicama provedeno je tijekom ljetnog i ranojesenskog razdoblja, u vrijeme niskih vodostaja, 2016. i 2017. godine.

Na svim istraživanim akumulacijama i umjetnim stajaćicama, uzorkovanja makrozoobentosa, fitobentosa i makrofita provedena su na 2 istraživačke postaje. Izuzetak su jedino Jarunsko jezero i Šoderica Koprivnica koje odlikuju heterogene karakteristike litoralnog područja te je uzorkovanje provedeno na tri istraživačke postaje. Koordinate istraživačkih postaja prikazane su u tablici 5.1. Fitobentos je u akumulacijama Pakra i Popovac prikupljen samo na postajama 1, jer na postajama 2 nije bio prisutan prikladan supstrat za uzorkovanje fitobentosa. Ukupno je prikupljeno 30 uzornaka fitobentosa i 34 kompozitna uzorka makrozoobentosa. Na mjestima prikupljanja uzoraka makrozoobentosa i fitobentosa prikupljeni su i analizirani u vertikalnim transektima i makrofita. Makrofita su osim na dvama postajama, odnosno transektima koji počinju na obali i sežu do dubine gdje prestaje pojavljivanje makrofita ili pak nema daljnje promjene u vegetaciji, uzorkovani u širim pojasima oko tih transekata kako bi se dobio uvid u ukupnu raznolikost makrofitske vegetacije. Nadalje, kako bi za potrebe ove studije mogli dati potpun opis makrofitske vegetacije uzorkovali smo i na dodatnim točkama čiji smo broj prilagodili raznolikosti vegetacije svakog istraživanog vodnog tijela. Svi podaci dostupni su u pratećoj bazi podataka.

Akumulacijska jezera na rijeci Dravi karakterizira porast gradijenta dubine od repnog dijela akumulacije prema brani. Makrofitska vegetacija razvijena je samo na plićim, repnim dijelovima akumulacija. Izuzetak je jedino akumulacija HE Varaždin, koja je plića, te makrofitska vegetacija razvijena i u središnjem dijelu akumulacijskog jezera.

Uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu fitoplanktona sakupljeni su od strane naručitelja, iz čamca, na najdubljem mjestu akumulacije ili umjetne stajačice

Tablica 5.1. Istraživačke postaje na kojima su sakupljeni uzorci makrozoobentosa, fitobentosa i makrofita.

Akumulacije / postaje	Koordinate postaja
Biljsko jezero 1	45.59153, 18.73839
Biljsko jezero 2	45.58986, 18.73741
Borovik 1	45.39169, 18.18693
Borovik 2	45.37858, 18.18906
Ak. HE Čakovec 1	46.31263, 16.37021
Ak. HE Čakovec 2**	46.31296, 16.46441
Ak. HE Dubrava 1	46.32488, 16.60154
Ak. HE Dubrava 2**	46.32749, 16.71895
Grabova 1	45.27137, 19.07381
Grabova 2	45.26858, 19.06947
Jarun 1	45.7816, 15.92521
Jarun 2	45.7795, 15.93699
Jarun 3	45.77966, 15.92122
Jošava 1	45.32281, 18.45246
Jošava 2	45.33069, 18.43252
Lapovac 1	45.48027, 18.11297
Lapovac 2	45.47012, 18.10989
Novo Čiče 1	45.71174, 16.10337
Novo Čiče 2	45.70802, 16.09976
Pakra 1	45.43809, 16.89871
Pakra 2*	45.42731, 16.90125
Popovac 1	45.6377, 16.87405
Popovac 2*	45.63955, 16.87171
Rakitje 1	45.78997, 15.8441
Rakitje 2	45.79885, 15.82979
Sakadaš 1	45.60828, 18.80041
Sakadaš 2	45.61082, 18.80003
Šoderica Koprivnica 1	46.23603, 16.90369
Šoderica Koprivnica 2	46.24106, 16.91452
Šoderica Koprivnica 3	46.23852, 16.92148
Ak. HE Varaždin 1	46.39212, 16.16303
Ak. HE Varaždin 2**	46.38085, 16.18728

*nisu prikupljeni uzorci fitobentosa

** nisu prikupljeni uzorci makrofita

6. METODE UZORKOVANJA I LABORATORIJSKE ANALIZE

6.1. Biološki element kakvoće fitobentos

Postupci uzorkovanja i analize fitobentoskih alga u akumulacijama i umjetnim stajaćicama sukladani su onima u jezerima, te smo u pravilu prilikom uzorkovanja slijedili Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće.

6.1.1. Uzorkovanje

6.1.1.1. Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje treba obaviti u proljeće u litoralnoj zoni akumulacija i umjetnih stajaćica.

6.1.1.2. Mjesto uzorkovanja

U prvom koraku se izabere osunčani odsječak od 100 m na kojem se zatim izabere kraći reprezentativni odsječak. Uzorkuje se do dubine od 60 cm. Pri izboru mjesta uzorkovanja treba izbjegavati mjesta s dotjecanjem, odnosno istjecanjem jezerske vode te dobro procijeniti dionicu na kojoj se planira uzorkovanje (dubina, osvjetljenost, sastav i zastupljenost vrsta podloge i sl.). Uzorkuje se pri stabilnom vodostaju, što znači da najmanje 4 tjedna mora razina vode biti stabilna da bi se ponovno uspostavila optimalna kolonizacija potopljenog supstrata algama. Promjene u kvalitativnoj zastupljenosti vrsta alga, često se mogu makroskopski vidjeti kao promjene boje i teksture samog supstrata (tamno zelene, zelene ili smeđe nakupine) te takve podatke unijeti u terenski protokol.

6.1.1.3. Oprema potrebna za uzorkovanje

- karta u mjerilu 1:25 000 ili 1:50 000,
- terenski protokol s pratećim terenskim sitnim priborom (grafitna olovka, vodootporan flomaster, pinceta, nožić i sl.),
- gumene čizme (ribarske duge i/ili s naramenicama),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, kapa ili šešir, krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja,
- bočice sa širokim grlom za spremanje uzoraka označene odgovarajućom oznakom,
- plastična kadica i kapaljka,
- čajna žličica, lopatica ili sl,
- otopina za fiksiranje uzorka,

- vodootporni fotoaparata,
- GPS uređaj,
- elektronička naprava za mjerenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja u vodi (pH metar, konduktometar, oksimetar),
- terenska torbica za prvu pomoć i
- pojas za spašavanje.

6.1.1.4. Način uzorkovanja

Uzorci se uzimaju sa supstrata koji su u stalno potopljenom području. Uzorkovanje se obavlja po načelu „uzorkovanje jednog mikrostaništa“ (engl. single habitat sampling), odnosno s 5 kamena uzetih s različitih mjesta na uzorkovanom odsječku. U slučaju kada u litoralu umjetne stajaćice nema reprezentativnog mikrostaništa (površine kamena), uzorkuju se alternativna mikrostaništa, poput makrofitske vodene vegetacije, nepomičnih stijena te finih supstrata poput mulja i pijeska.

Kod kamene podloge se sa skalpelom i četkicom ostruže nastali obraštaj. Kod podloge prekrivene makrofitskom vegetacijom, uzimaju se uzorci makrofita s kojih se zatim četkicom struže uzorak. Pješčani i muljeviti sedimenti se uzorkuju grabilom i za uzorak se uzima površinski sloj sedimenta. Suspenzija se skladišti u plastičnim bočicama širokog grla i fiksira.

Tablica 6.1. Način uzorkovanja fitobentosa u akumulacijama i umjetnim stajaćicama.

Tip supstrata	Postupak uzorkovanja
Tvrdi pomični supstrat: kamenje, oblutci	1 Izvaditi reprezentativne supstrate iz litorala akumulacije (pet kamena veličine 6 - 25 cm)
	2 Supstrat staviti u plastičnu kadicu uz dodatak vodovodne ili destilirane vode
	3 Supstrat u kadici fotografirati
	4 Skalpelom ili četkicom potpuno sastrugati gornju površinu supstrata uz ispiranje korištenog alata i supstrata vodom koja se nalazi u kadici
	5 Supstrat vratiti u akumulaciju
	6 Uzorak pohraniti u pravilno označenu bočicu i fiksirati
Mekani pomični supstrat: makrofita, manje korijenje bilja, lisne plojke	1 Izvaditi reprezentativne supstrate iz litoralne zone akumulacije
	2 Supstrat staviti u plastičnu kadicu/kantu/bocu uz dodatak vode iz tekućice
	3 Supstrat dobro ručno protresti/sastrugati ili iscijediti (postupak ponoviti 4 - 5 puta) u vodi koja se nalazi u kadici/kanti/boci
	4 Supstrat vratiti u akumulaciju, a isprani materijal (ukoliko u kadici/kanti/boci ima previše vode) nakon sedimentiranja pažljivo dekantirati
	5 Uzorak pohraniti u pravilno označenu bočicu i fiksirati

Tablica 6.1. Nastavak

Tip supstrata	Postupak uzorkovanja
Mekani sediment: pijesak, mulj, fini organski materijal, glina	<ol style="list-style-type: none"> 1 Posudu ili donji dio Petrijeve zdjelice postaviti na supstrat tako da njen otvor prekrije površinu koja se uzorkuje. Zdjelicu lagano pritisnuti na supstrat tako da sediment ispuni cijeli volumen unutrašnjeg dijela posude/Petrijeve zdjelice <i>Napomena: U litoralu umjetnih stajačica moguće je gornji dio sedimenta uzeti žličicom</i> 2 Lagano podvući metalnu ili plastičnu pločicu (površine veće od promjera zdjelice) pod posudu ispunjenu sedimentom 3 Sabrani sediment u cijelosti prenijeti u staklenu čašu te dodati po potrebi destilirane vode. Uzorak dobro protresti i kratko sedimentirati. Supernatant dekantirati i pohraniti u pravilno označenu bočicu 4 Postupak ispiranja sedimenta destiliranom vodom i dekantiranja supernatanta ponoviti 4 puta 5 Fiksirati uzorak

Svaki sabrani uzorak neophodno je pohraniti u bočice koje moraju biti pravilno označene:

- naziv akumulacije ili umjetne stajačice,
- naziv mjesta uzorkovanja,
- datum i vrijeme uzorkovanja i
- tip supstrata s kojeg je uzet uzorak.

U terenski obrazac upisuju se podatci o temperaturi vode i trenutnom vodostaju.

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

Za fiksaciju uzoraka koristit se etilni alkohol ili formaldehid uz napomenu da konačna koncentracija u uzorku treba biti 20% (etilni alkohol) ili 4% (formaldehid).

6.1.2. Laboratorijska obrada uzoraka

6.1.2.1. Oprema potrebna za laboratorijski rad

- električna ploča za zagrijavanje uzorka,
- Erlenmeyer tikvice od 100 mL,
- kuglice za vrenje,
- staklene epruvete (cca 15 mL),
- centrifuga,
- laboratorijska vaga,
- bočice za pohranjivanje dobivenih uzoraka,

- predmetna stakalca,
- pokrovna stakalca,
- kapalice,
- plamenik i
- binokularni mikroskop s Nomarski kontrastom koji sadržava:
 - a) binokulare 10x ili 12,5x (od kojih jedan ima okularni mikrometar),
 - b) objektiv 100x s Nomarski kontrastom,
 - c) digitalnu kameru povezanu s računalom,
 - d) mehaničko postolje.

6.1.2.2. Čišćenje dijatomejskog uzorka i izrada trajnih preparata

Za precizno određivanje dijatomeja potrebno je pripremiti trajne preparate.

Ispiranje uzorka - trajni preparati dijatomeja izrađuju se iz živog ili konzerviranog materijala. Ukoliko se za izradu preparata koristi konzervirani materijal, radi uklanjanja formaldehida, uzorci se ispiru destiliranom vodom. Ispiranje se provodi na sljedeći način: u uzorak se doda toliko destilirane vode koliki je volumen uzorka. Razrijeđena se suspenzija protrese i ostavi da se materijal sedimentira tijekom najmanje 6 do 8 sati ili se centrifugira 2 minute na 2000 okretaja. Postupak se ponavlja 4 puta. Nakon svakog sedimentiranja, vrlo pažljivo se otkloni supernatant (dekantiranjem pomoću staklenog štapića ili aspiriranjem pomoću vakuum sisaljke) pazeći da se uzorak ne zamuti. Kod pripreme trajnih preparata iz živog materijala ili materijala fiksiranog etilnim alkoholom, ispiranje destiliranom vodom nije potrebno.

Uklanjanje karbonata iz uzorka - da bi se iz materijala uklonio kalcijev ili magnezijev karbonat uzorku se dodaje u jednakom volumenu 25%-tna klorovodična kiselina. Uzorak se kuha oko 30 minuta na 200°C. Nakon završene reakcije (pjenjenje uzorka) kalcijevog ili magnezijevog karbonata i klorovodične kiseline uzorak se ponovno ispire destiliranom vodom prema prethodno opisanom postupku koji se ponavlja 4 puta. Ukoliko je uzorak sakupljen u vodotoku s niskom koncentracijom karbonatnih iona, dodavanje klorovodične kiseline nije potrebno.

Uklanjanje organske tvari iz uzorka - provodi se u epruvetama s debelim dnom dodavanjem 96% sumporne kiseline u dvostrukom omjeru u odnosu na talog (uzorak). Smjesa uzorka i kiseline pažljivo se zagrijava na plinskom plameniku do pojave bijelih para, kada se uzorak zacrni. Uzorak se potom malo ohladi, doda se H₂O₂ (2 mL ili više, ovisi o uzorku), pa se opet zagrijava. Ukoliko u uzorku ima malo organske tvari smjesa se sama obezboji, a ukoliko ima puno organske tvari smjesa ostaje crna te se uzorku doda još H₂O₂ koji će smjesu obezbojiti. Obezbojeni se uzorak ponovno ispire destiliranom vodom prema prethodno opisanom postupku, koji se ponavlja 8 puta.

Izrada trajnih preparata

Uzorak pripremljen na gore opisani način, uz dodatak destilirane vode (neophodno procijeniti optimalnu gustoću frustula; mliječno bijeloj suspenziji doda se destilirane vode kako bi se smanjila gustoća, radi lakšeg određivanja i brojenja), pohranjuje se u čiste i pravilno označene bočice.

U nastavku izrade trajnih preparata, ukoliko je potrebno obzirom na kvalitetu, pokrovno stakalace treba uroniti u 0,1 M H₂SO₄, isprati u destiliranoj vodi i osušiti.

Na tako pripremljenu pokrovnicu nanese se ona količina uzorka koja u potpunosti prekriva površinu pokrovnog stakalca. Očišćeni uzorak rasporedi se po cijeloj površini pokrovnog stakalca i ostavi na ravnoj horizontalnoj površini. Kada sva suspenzija ispari, na pokrovnom stakalcu ostaje tanka bijelo-siva prevlaka. Ako osušena suspenzija nije jednoliko raspoređena izrađuje se novi preparat. Nejednolika distribucija dijatomeja na pokrovnom stakalcu najčešće je posljedica prebrzog isparavanja ili nedovoljno ispranog konzervansa. Kako bi se utvrdila homogenost uzorka, predmetna stakalca s nanesenim i osušnim suspenzijama dijatomeja mogu se prije lijepljenja pregledati na povećanju od 400x tako da je uzorak na gornjoj strani pokrovnog stakalca. Ako homogenost i gustoća nisu zadovoljavajući postupak treba ponoviti.

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

Preparat se ostavi hladiti. Pomicanjem pokrovnog stakalca po predmetnom provjeri se da li su se stakalca dobro zalijepila.

NAPOMENA: U ovom poglavlju je naveden samo jedan od načina čišćenja dijatomeja za izradu trajnih preparata pomoću klorovodične i sumporne kiseline. Ostale metode, poput čišćenja dijatomeja pomoću vrućeg ili hladnog hidrogen peroksida, detaljno su opisane u Savjetodavnoj normi za rutinsko uzorkovanje i prethodnu obradu riječnih bentoskih dijatomeja (HRN EN 13946:2014). Primjenjivati se može metoda prema vlastitom izboru i u ovisnosti o čistoći uzorka.

Brojanje i određivanje vrsta se obavlja pregledavanjem trajnih preparata pod svjetlosnim mikroskopom (imerzijski objektiv, povećanje 1000 x). Brojnost se izražava kao apsolutan broj valvi dijatomeja izbrojan do ukupno 400 valvi ili relativna zastupljenost, tj. omjer broja jedinki jedne vrste u odnosu na ukupan broj jedinki u uzorku.

Za izračunavanje indeksa kojim se ocjenjuje ekološko stanje na temelju fitobentosa, dijatomeje se broje do 400 valvi u uzorku, odnosno trajnom preparatu.

6.1.2.3. Mikroskopiranje, determinacija i kvantifikacija dijatomeja

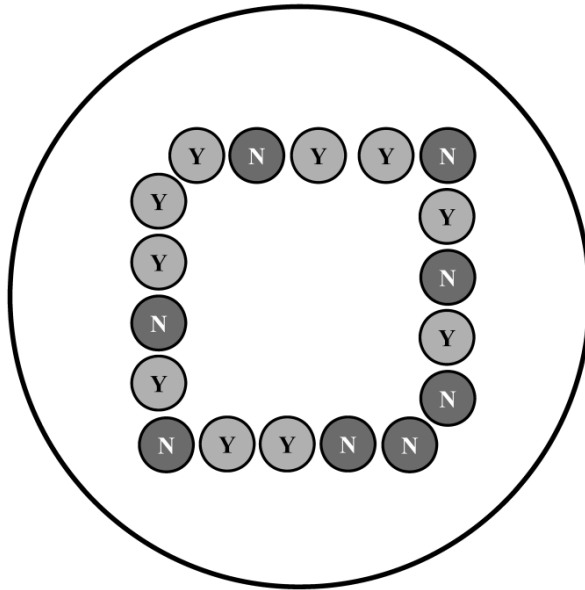
Kvantitativna analiza uzoraka bentoskih dijatomeja temelji se na valvama kao jedinicama za brojanje. Frustule se broje kao dvostruke valve. Minimalna taksonomski prihvatljiva kategorija za determinaciju je vrsta (species). Međutim, u nekim je slučajevima rod (genus) prihvatljiv kao taksonomska kategorija. Objekti se u nemogućnosti točnije determinacije mogu nazvati i kao Centrales ili Pennales - u slučaju pleuralnog položaja kada nije moguće odrediti točan rod kod sličnih rodova.

Određivanje dijatomejskih valvi do razine vrsta radi se na povećanju mikroskopa od najmanje 1000x uz imerzijsko ulje. Prema međunarodnoj praksi potrebno je identificirati najmanje 400 valvi (maksimalna pogreška ± 10).

Preostali dio očišćenog uzorka fiksira se glicerolom i pohranjuje na hladnom mjestu.

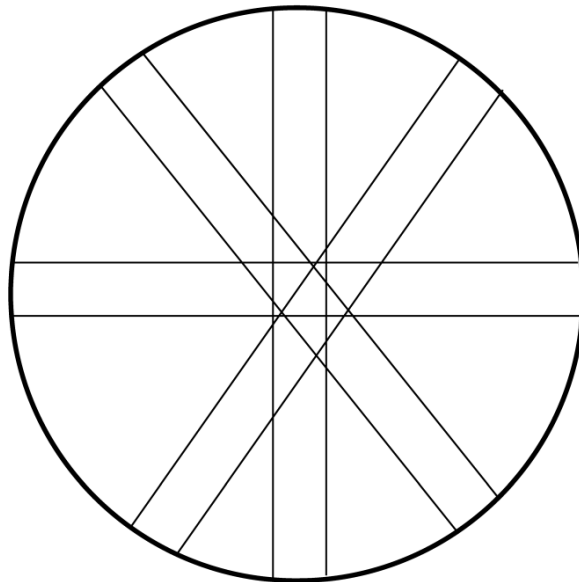
Metode brojanja valvi

1. brojanje valvi u nasumično odabranim probnim poljima



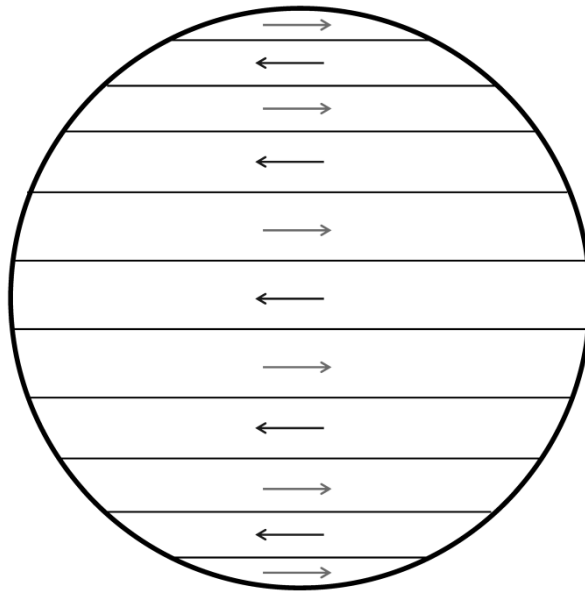
Slika 6.1. Metoda brojanja u nasumično odabranim probnim poljima (prema Breirley i sur., 2007).

2. brojanje valvi u transektima



Slika 6.2. Metoda brojanja u transektima (prema Breirley i sur., 2007).

3. brojanje valvi na čitavom preparatu



Slika 6.3. Metoda brojanja na čitavom preparatu (prema Breirley i sur., 2007).

Strategije za određivanje neodređenih jedinica

U istraživanjima dijatomeja neodređena jedinica obično označava da razina taksonomske identifikacije ne prelazi razinu vrste. Uzorke u kojima je broj neidentificiranih jedinica veći od 12 % nije preporučljivo koristiti u ocjeni kakvoće vode. U takvim je slučajevima potrebno ponovno pripremiti uzorke (npr. kod frustula u pleuralnom položaju ili oštećenih valvi) ili je potrebno uzorke pregledati pod elektronskim mikroskopom (npr. u slučaju stranih, neobičnih svojti).

Frustule u pleuralnom položaju: Osim nekih svojti (npr. *Rhoicosphenia abbreviata*), dijatomeje nije moguće odrediti do razine vrsta ukoliko su okrenute na pleuralnu stranu. Ukoliko broj takvih frustula u uzorku prelazi 12 %, potrebno je napraviti nove trajne preparate.

Oštećene valve: Takve se valve bilježe i broje samo ukoliko je prisutno približno $\frac{3}{4}$ valvi i ako se mogu lako prepoznati i odrediti. Ako se u uzorcima nalaze brojne oštećene valve, postupak pripreme trajnih preparata treba ponoviti.

6.2. Biološki element kakvoće fitoplankton

Fitoplankton kao jedan od bioloških indikatora najizravnije i u najkraćem vremenskom roku promjenom svog kvalitativnog sastava i brojnosti ukazuje na varijacije fizikalno-kemijskih čimbenika u okolišu.

6.2.1. Uzorkovanje

6.2.1.1. Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje fitoplanktona u umjetnim stajaćicama i akumulacijama obavlja se tijekom dana, jednom mjesečno od travnja do rujna tekuće godine.

6.2.1.2. Mjesto uzorkovanja

Uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu fitoplanktona uzimaju se iz čamca, na najdubljem mjestu umjetne stajačice ili akumulacije.

6.2.1.3. Oprema potrebna za uzorkovanje

Popis potrebne terenske opreme za uzorkovanje:

- topografske karte u mjerilu 1:25 000 i 1:50 000,
- čamac,
- batimetrijska karta,
- GPS uređaj,
- fotoaparata,
- Secchi disk,
- vitlo s užetom,
- integrirani uzorkivač za kompozitni uzorak stupca vode,
- dubinski uzorkivač za vodu,
- cijev za uzorkovanje u plitkim jezerima,
- planktonska mreža s promjerom oka 10 do 25 μm ,
- plastična kanta volumena 10 - 15 L,
- tamne boce sa širokim grlom i podčepom (200 - 250 mL) za spremanje direktnog uzorka označene vodootpornom etiketom,
- plastične bočice (do 100 mL) za spremanje kvalitativnog mrežnog uzorka,
- prijenosni hladnjak,
- terenski dnevnik (protokol) s pratećim terenskim sitnim priborom (olovka, flomaster, pinceta, nožić i sl.),

- elektronička naprava za mjerenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja u vodi (pH metar, konduktometar, oksimetar),
- gumene čizme (ribarske duge, sa i bez naramenica),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, terenske sandale, kapa ili šešir, krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja,
- kožne rukavice sa ili bez prstiju,
- papirnati ručnici,
- pojas za spašavanje i
- terenska torbica s prvom pomoći.

6.2.1.4. Način uzorkovanja

Koordinate mjesta uzorkovanja svaki puta treba zabilježiti GPS-om kako bi se redovito moglo uzorkovati na istom vertikalnom profilu.

Bez obzira uzorkuje li se duboka ili plitka umjetna stajaćica ili akumulacija, prije početka uzorkovanja uvijek je obavezno izmjeriti temperaturu i koncentraciju kisika u stupcu vode, na svakom metru dubine do 1 m od dna.

Prije početka uzorkovanja fitoplanktona u stratificiranim stajaćicama potrebno je odrediti dubinu eufotičke zone te temperaturnu stratifikaciju u stupcu vode. Dubina eufotičke zone se izračuna tako što se Secchi dubina pomnoži s koeficijentom 2,5 ($Z_{eu} = \text{Secchi dubina} \times 2,5$).

Reprezentativan uzorak fitoplanktona uzorkuje se prikladnim uzorkivačem (vidi Poglavlje 4.2.1.4.3.). Tijekom uzorkovanja oprema za uzorkovanje (uzorkivač) ne smije dotaknuti dno jezera kako se ne bi kontaminirao uzorak. U tom slučaju uzorkovanje treba ponoviti podalje od mjesta na kojem je uznemiren sediment kako bi se uzeo ispravan uzorak.

Uzorak fitoplanktona treba odmah ili nakon miješanja poduzoraka biti prebačen u odgovarajuće bočice i konzerviran za kasniju mikroskopsku analizu.

Bočice za uzorke moraju biti označene prije uzorkovanja kako bi se izbjegla zamjena uzoraka. Za označavanje treba koristiti vodootporne flomastere. Vodootporne etikete na bočicama mogu biti i prethodno računalno ispisane s praznim prostorom za dodatne podatke koji se upisuju na terenu. Upisivanje podataka direktno na bočice nije preporučljivo.

Bočice s uzorcima trebaju biti dopremljene do laboratorija u neprozirnom, tamnom prijenosnom hladnjaku.

Poduzorci za dodatne analize fitoplanktona te poduzorci za druge pokazatelje (npr. klorofil *a* i hranjive tvari) trebaju biti uzeti iz istog izmiješanog uzorka iz kojeg je uzet uzorak fitoplanktona. To znači da uzorkovani volumen kompozitnog uzorka treba biti dovoljno velik za sve prateće analize.

Terenski protokol za uzorkovanje fitoplanktona u jezerima treba pripremiti prije odlaska na teren kao obrazac u klasičnom (papirnatom) obliku ili u elektroničkom obliku (primjerice na tabletu).

6.2.1.4.1. Uzorkovanje za kvalitativnu analizu

Kvalitativni uzorci (mrežni uzorci fitoplanktona) se uzorkuju planktonskom mrežicom promjera oka 10 do 25 μm . Uzorak se uzima potezom s jednake dubine s koje se uzima i kompozitni uzorak. Uzorak se uzima na način da se planktonska mrežica spusti do određene dubine te se lagano i jednakomjerno povlači prema površini. Uzorak koji se sakupio u posudi na kraju mrežice prelije se u pravilno označenu bočicu. Nakon uzimanja uzorka mrežicu je neophodno nekoliko puta do ruba obruča uroniti u jezersku vodu kako bi se isprao zaostali materijal na unutarnjim stjenkama mrežice te se i taj sadržaj dodaje u bočicu s uzorkom. Ukoliko se koristi planktonska mrežica koja na svom kraju ima ventil, mora se paziti da prilikom uzorkovanja i ispiranja isti bude zatvoren. Bočica s uzorkom se pohrani u prijenosni hladnjak tijekom transporta do laboratorija.

Nakon svakog uzorkovanja planktonska mrežica se na terenu mora dobro isprati vodom stajačice, a potom u laboratoriju vodovodnom vodom kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije sljedećih uzoraka. U slučaju da se jedna mrežica koristi za više točaka uzorkovanja, na teren treba ponijeti čistu vodovodnu vodu kako bi se mrežica mogla isprati na samom terenu ili treba ponijeti nekoliko planktonskih mrežica.

NAPOMENA: Ako se kvalitativni, tzv. mrežni uzorci fitoplanktona koriste za kasniju determinaciju dijatomeja tada promjer oka na mrežici mora biti 10 μm . U slučaju visoke gustoće fitoplanktona i planktonske mrežice s promjerom oka do 25 μm mogu se koristiti za analizu manjih frakcija jer se pore začepu te u mrežici ostanu i manje frakcije fitoplanktona.

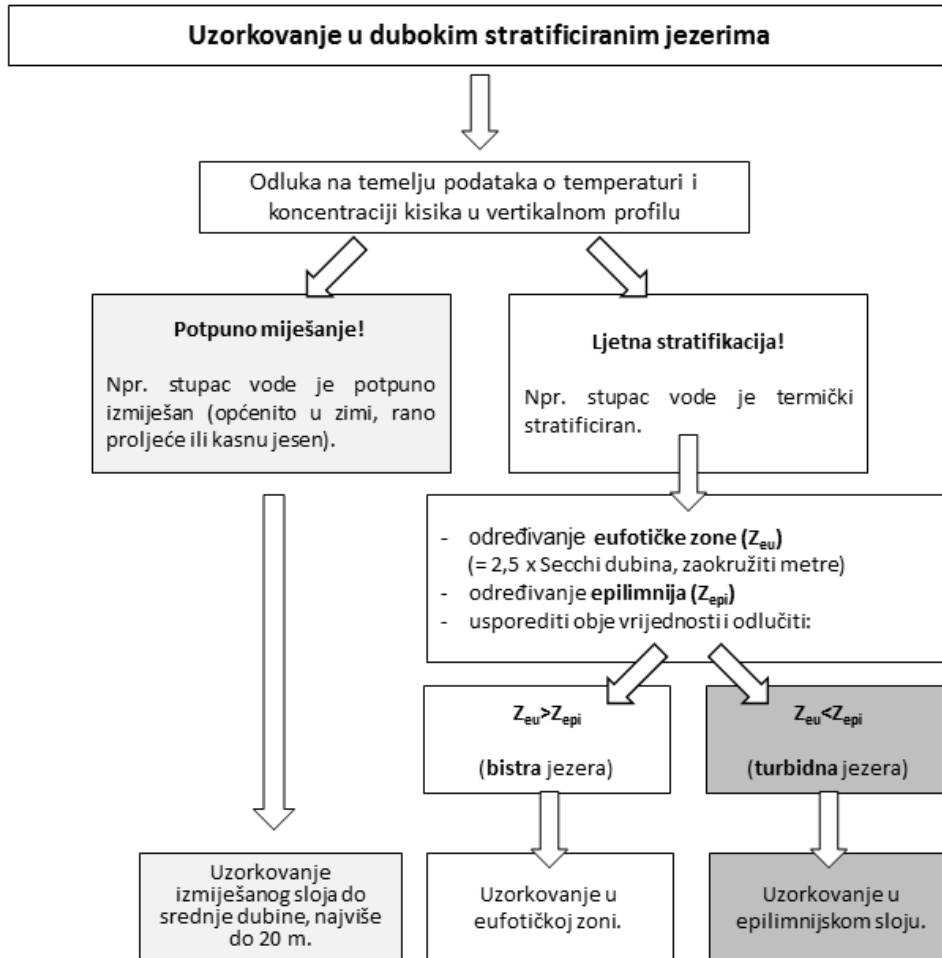
6.2.1.4.2. Odabir načina uzorkovanja za kvantitativnu analizu

Kvantitativni uzorak fitoplanktona u umjetnim stajaćicama je kompozitni uzorak uzet iz cijelog stupca vode posebnim uzorkivačima. Ovisno o tipu umjetne stajačice te njegovoj stratificiranosti, prvo se odabire način uzorkovanja. U slučaju:

- a) Faze miješanja vode (nema temperaturne stratifikacije)
 - Tijekom faze miješanja vode u **plitkim nestratificiranim umjetnim stajaćicama** treba uzeti kompozitni uzorak iz cijelog stupca vode do dubine od 1 m iznad dna.
 - Tijekom faze miješanja vode u **dubokim stratificiranim umjetnim stajaćicama** treba uzeti kompozitni uzorak najdublje do 20 m dubine ili do dubine 1 m iznad dna.
- a) Faze ljetne stagnacije
 - Tijekom ljetne stagnacije u **polimiktičnim (plitkim)** umjetnim stajaćicama (s najvećom dubinom ≤ 10 m) uzorkovanje seže do dubine od 6 m ili do dubine 1 m iznad dna.
 - Za uzorkovanje u **stratificiranim (dubokim) umjetnim stajaćicama** (s najvećom dubinom ≥ 10 m) postoji razlika za uzorkovanje tijekom ljetne stagnacije ovisno o turbiditetu jezera:

- I. Turbidna jezera kod kojih je dubina eufotičke zone manja od dubine epilimnija ($Z_{eu} < Z_{epi}$): Kompozitni se uzorak dobiva uzorkovanjem cijelog stupca epilimnija.
- II. Bistra jezera kod kojih je dubina eufotičke zone veća od dubine epilimnija ($Z_{eu} > Z_{epi}$): Kompozitni se uzorak dobiva uzorkovanjem cijelog stupca eufotičke zone.

Način uzorkovanja u dubokim i stratificiranim jezerima shematski prikazuje slika 6.4.



Slika 6.4. Shema načina uzorkovanja fitoplanktona u dubokim i stratificiranim umjetnim stajaćicama i jezerima.

NAPOMENA: Plitke umjetne stajaćice i akumulacije su definirane kao polimiktična jezera. Njihova maksimalna dubina je najčešće ≤ 10 m.

6.2.1.4.3. Uzorkovanje i priprema kompozitnog uzorka

Uzorkovanje kompozitnog uzorka integriranim uzorkivačem

Preporučena metoda za uzorkovanje fitoplanktona je uzorkovanje integriranim uzorkivačem. To je reprezentativna i najučinkovitija metoda, jer se uzorak iz cijelog stupca vode uzima kontinuirano. Na integriranom uzorkivaču se pomoću ručne jedinice programira dubina uzorkovanja, a potom se prema naznačenoj brzini na ručnoj jedinici spušta nešto dublje od željene dubine. Elektronički dio na uzorkivaču regulira uzimanje vode tijekom spuštanja ako brzina nije konstantna zbog ljuljanja čamca, valova na vodi i slično. Sva voda iz uzorkivača se ispusti u plastičnu kantu kako bi se izbjeglo taloženje unutar samog uzorkivača. Uzorak fitoplanktona i ostali poduzorci uzimaju se iz plastične kante.

Ovim je uzorkivačem moguće uzeti i uzorke s odabrane dubine, npr. samo onaj dio stupca vode s dubinskim maksimumom klorofila.

Uzorkovanje i priprema kompozitnog uzorka uz pomoću dubinskog (cjevastog) uzorkivača

Kako bi se uzeo kompozitni uzorak cijelog vodenog stupca moguće je koristiti i standardne dubinske (cjevaste) uzorkivače, obično dužine od 0,5 do 2 m. Dubinski profil će biti pokriven uzimanjem poduzoraka u cijelom vodenom stupcu. U plitkim umjetnim stajaćicama i akumulacijama ($Z_{\max} \leq 10$ m) udaljenost između poduzoraka ne smije biti veća od 1 m, a u dubokim jezerima 2 m. U slučaju kada je utvrđen dubinski maksimum klorofila *a* (koji je utvrđen kao maksimum koncentracije kisika ili klorofila *a* pomoću dubinske sonde), važno je uzeti poduzorak i s te dubine.

Poduzorci sakupljeni s različitih dubina se trebaju izmiješati u plastičnoj kanti s poklopcem kako bi uzorak tijekom miješanja bio zaštićen od direktnih sunčevih zraka ili vremenskih nepogoda poput kiše. Ovisno o broju poduzoraka, ukupni izmiješani volumen mora biti dostatan za uzimanje uzorka fitoplanktona i svih ostalih pratećih uzoraka (uzorci za koncentraciju hranjivih tvari, klorofila *a* itd.).

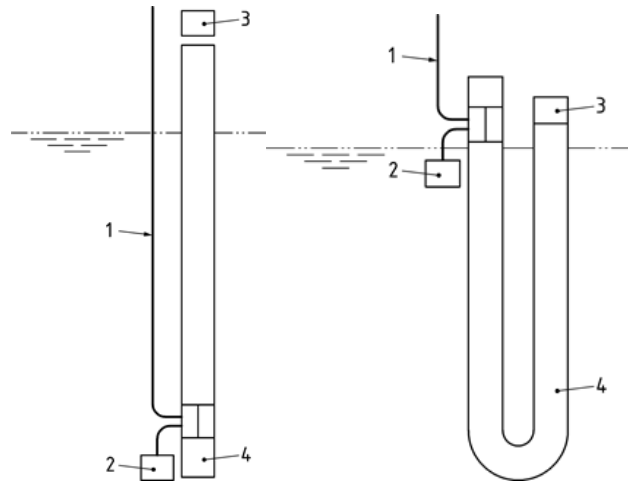
NAPOMENA: Uzorkivači s poklopcem ili čepom samo na jednoj strani pri čemu nije otvoren cijeli presjek uzorkivača prilikom spuštanja u vodu, ne preporučaju se (npr. Ruttnerova boca).

Uzorkovanje kompozitnog uzorka pomoću cijevi

Za uzorkovanje kompozitnog uzorka pomoću cijevi potrebna je silikonska cijev s minimalnim unutarnjim promjerom od 1,6 cm (ne gumena cijev), uže, gumeni čep i uteg (prsten napravljen od nehrđajućeg čelika na ulaznom dijelu cijevi).

Cijev na ulaznom dijelu ima učvršćen uteg od nehrđajućeg čelika na koji je privezano uže. Utteg omogućava vertikalno postavljanje cijevi u vodenom stupcu (Slika 6.5). Uzimanje kompozitnog uzorka se obavlja tako da se cijev lagano okomito spušta u vodu s krajem na kojemu je uteg. Kada se cijev spusti na željenu dubinu, gornji kraj cijevi se začepi, a donji dio cijevi se lagano povuče na površinu pomoću užeta. Tako prikupljen uzorak vode prelije se u plastičnu kantu. Postupak se može ponoviti ako nije uzet dovoljan volumen vode za punjenje svih pratećih uzoraka (npr. klorofil *a* i hranjive tvari).

Nakon upotrebe, oprema se mora isprati vodovodnom vodom i prije pohrane dobro osušiti.



Slika 6.5. Način uzorkovanja kompozitnog uzorka fitoplanktona pomoću silikonske cijevi.
1 – Uže, 2 – Uteg; 3 – Čep; 4 – Cijev.

NAPOMENA: Uzorkovanje fitoplanktona po dubini ili integrirano uzorkovanje mora biti u skladu s normom za kvantitativno i kvalitativno uzorkovanje fitoplanktona u kopnenim vodama (HR EN 16698:2015).

6.2.1.5. Konzerviranje i pohrana uzoraka

6.2.1.5.1. Konzerviranje uzoraka

a) Direktni kompozitni uzorak

Direktni kompozitni uzorci fitoplanktona pohranjuju se u staklene bočice sa širokim grlom volumena 200-250 mL s dvostrukim čepom. Uzorci se fiksiraju Lugolovom otopinom. Kisela Lugolova otopina se koristi kada je pH vode < 7, a lužnata kada je pH vode > 7.

Standardno, uzorci se konzerviraju u omjeru 5 mL Lugolove otopine na 1 L uzorka što ovisi o gustoći algi u uzorku (pripremu vidi u Poglavlju 6. Biološki elementi kakvoće za rijeke, 6.1.1.5.1. Konzerviranje uzoraka). Preporuka je za mezotrofna i posebice oligotrofna jezera ne koristiti više od 2 mL Lugolove otopine na 1 L uzorka, jer prekomjerna količina mijenja strukturu algi što otežava determinaciju. Općenito treba slijediti pravilo da konačna boja konzerviranog uzorka bude boja konjaka.

NAPOMENA: Nedostatak bezbojnog stakla bočica za uzorke je taj što je Lugolova otopina fotolabilna te je potrebno pažljivije čuvanje bočica u tami, dok je nedostatak bočica sa zatamnjenim staklom taj što se ne vidi boja uzorka koji je obojan Lugolovom otopinom te je boju uzorka potrebno provjeriti na drugi način, npr. kapalicom.

b) Mrežni kvalitativni uzorak

Mrežni kvalitativni uzorci fitoplanktona se spremaju u plastične bočice volumena do 100 mL. Uzorci se ne konzerviraju na terenu jer se koriste za determinaciju vrsta iz živog materijala. No, nakon što je determinacija živog materijala gotova, uzorci se konzerviraju 96%-tnim etilnim alkoholom do konačne koncentracije od 20%. Tako konzervirani uzorci koriste se za izradu trajnih preparata zbog determinacije dijatomeja. Ukoliko je potrebno sačuvati dio uzorka zbog potvrde determinacija pojedinih vrsta, on se može konzervirati formaldehidom do konačne koncentracije od 4%.

6.2.1.5.2. Pohrana uzoraka

a) Mrežni kvalitativni uzorci

Mrežni kvalitativni uzorci, tzv. živi uzorci moraju se čuvati u tami na temperaturi između 4 i 10°C. Uzorci sakupljeni u jezerima s visokom temperaturom vode trebaju se postepeno ohladiti kako ne bi došlo do oštećenja stanica fitoplanktona. Analiza živih uzoraka mora se provesti unutar 36 sati, a najbolje je pregledati ih u roku od 24 sata.

b) Konzervirani uzorci

Uzorci konzervirani Lugolovom otopinom (etilnim alkoholom ili formaldehidom) čuvaju se u tami na temperaturi između 1 i 5°C, osim ako nisu analizirani unutar 3 tjedna, kada mogu biti čuvani u tami na sobnoj temperaturi. Razina uzorka u bočici treba biti označena vodootpornim flomasterom prije skladištenja kako bi se znalo da li je dio uzorka ishlapio, što je vrlo bitno kod kasnijeg preračunavanja broja stanica.

NAPOMENA: Pohrana uzoraka u tami je važna zbog sprječavanja foto oksidacije. Maksimalno vrijeme pohrane uzoraka konzerviranih Lugolovom otopinom u tami na temperaturi između 1 i 5°C je godina dana, ali se uzorci moraju provjeravati s vremena na vrijeme i u njih dodavati Lugolova otopina u slučaju foto oksidacije. Čuvanje i skladištenje u dužem razdoblju od godine dana nije preporučljivo, a ako se mora učiniti tada se u uzorak dodaje formaldehid.

6.2.1.6. Označavanje i etiketiranje uzorka

Bočice s uzorcima moraju imati etiketu koja sadrži sljedeće podatke:

- šifra uzorka,
- naziv vodnog tijela stajačice,
- datum uzorkovanja,
- dubina uzorkovanja i
- naziv i šifra mjerne postaje.

6.2.2. Laboratorijska obrada uzoraka

6.2.2.1. Popis potrebne opreme pri mikroskopiranju uzoraka fitoplanktona

Za mikroskopiranje uzoraka fitoplanktona potrebna je sljedeća laboratorijska oprema:

- komorice za sedimentaciju po utermöhl-u s cilindrima 5 - 100 ml i promjera 25 mm,
- invertni mikroskop s nomarski i/ili faznim kontrastom koji sadržava:
 - a) kondenzor s velikom radnom daljinom i numeričkom aperturom > 0,5,
 - b) binokulare 10x ili 12,5x (od kojih jedan ima okularni mikrometar),
 - c) objektivne 10x, 20x, 40x ili 60x i 100x s nomarski i/ili faznim kontrastom,
 - d) digitalnu kameru povezanu s računalom,
 - e) mehaničko postolje,
- staklene kapalice, staklene čaše, boce štrcalice,
- predmetna i pokrovna stakalca i
- laboratorijski protokol.

NAPOMENA: Invertni mikroskop često ne podržava imerzijski objektiv (100x) pa je u tom slučaju potrebno imati i klasičan mikroskop, s povećanjima 10x, 20x, 40x ili 60x i 100x s Nomarski i/ili faznim kontrastom.

Sva oprema mora biti kalibrirana na određene ponuđene volumene posudica za sedimentaciju, veličine komorica te sva povećanja mikroskopa na kojem se određuje brojnost prema Savjetodavnoj norma za brojenje fitoplanktona pomoću invertnog mikroskopa (Utermöhl tehnikom) HRN EN 15204:2008.

6.2.2.2. Kvalitativna analiza

Kvalitativna analiza obuhvaća određivanje kvalitativnog sastava fitoplanktona (determinaciju vrsta) i ocjenu relativne brojnosti, što se postiže obradom mrežnog (živog) uzorka fitoplanktona.

Za određivanje kvalitativnog sastava fitoplanktona koristi se invertni ili klasični svjetlosni mikroskop s povećanjima 10x, 20x, 40x ili 60x i 100x s Nomarski i/ili faznim kontrastom. Analizu je potrebno napraviti na živom (nekonzerviranom) materijalu u roku od 24 sata od uzorkovanja, a u iznimnim slučajevima ju je moguće napraviti i u roku od 36 sati. Prilikom determinacije svakoj vrsti se dodjeljuje relativna brojnost od 1 do 5 prema skali u Tablici 6.2

Tablica 6.2. Skala za ocjenu relativne brojnosti fitoplanktona.

Relativna brojnost	Opis
1	Povremena vrsta
2	Rijetka vrsta
3	Umjereno prisutna vrsta
4	Brojna vrsta
5	Masovno prisutna vrsta

6.2.2.3. Kvantitativna analiza

Postupak kvantitativne analize (određivanje brojnosti fitoplanktona) uključuje bilježenje uočenih vrsta i njihov broj na poznatoj površini komorice za brojanje. Kada su poznati površina i volumen cijele komorice izračuna se koncentracija svake pojedine vrste (broj stanica u litri, br.stan.L⁻¹).

Nadalje, kvantitativna analiza uključuje i mjerenje veličine svake pojedine vrste te izračunavanje njihovog biovolumena i preračunavanje u biomasu, koja se uz poznatu površinu i volumen cijele komorice preračuna u koncentraciju (mgL⁻¹).

NAPOMENA: Kvantitativna analiza uzoraka fitoplanktona se provodi prema Savjetodavnoj normi za brojenje fitoplanktona pomoću invertnog mikroskopa (Utermöhl tehnikom) HRN EN 15204:2008, a mjerenje i računanje biovolumena i biomase prema Savjetodavnoj normi za procjenu biovolumena fitoplanktona (HRN EN 16695:2015).

6.2.2.3.1. Priprema uzoraka za analizu

Prije analize, uzorci se izvade iz hladnjaka i ostave na sobnoj temperaturi kroz 12 sati. Vrijeme potrebno za izjednačavanje temperature uzorka i okolnog prostora prvenstveno ovisi o temperaturi prostorije i volumenu uzorka.

6.2.2.3.2. Homogenizacija uzorka

Tijekom skladištenja uzorka, suspendirane čestice se talože na dno pri čemu može doći do agregacije ili adhezije algi iz fitoplanktona na suspendirane čestice ili na druge alge. Resuspenzija se postiže vrlo nježnim protresanjem uzorka. To se može učiniti ručno ili mehanički, pomoću aparata za trodimenzionalno miješanje uzoraka (npr. po Paul-Schatz načelu).

Ručna homogenizacija uzoraka se uvijek mora obavljati na jednak način kako bi se smanjila standardna pogreška. Preporuča se homogenizirati uzorak kombinacijom vodoravnog kotrljanja bočice i okomitog okretanja. Broj okreta mora jasno biti definiran i identičan za sve uzorke.

NAPOMENA: Naglo protresanje bočice uzrokuje stvaranje mjehurića zraka koji otežavaju ujednačeno taloženje materijala, a također i razara kolonijalne oblike što može dovesti do pogreške u determinaciji ili brojenju te se svakako treba izbjeći.

6.2.2.3.3. Pripremanje poduzorka i punjenje sedimentacijske komorice

Nakon homogenizacije, komorica se puni ulijevanjem određenog volumena uzorka u sedimentacijsku kolonu ili cilindar za sedimentiranje. Pravilno punjenje komorice je iznimno važno, jer utječe na krajnju raspodjelu čestica u komorici. Nasumična raspodjela čestica u komorici omogućuje ujednačeno brojenje te osigurava točnost.

Komorica se napuni direktnim prelijevanjem homogeniziranog uzorka iz bočice. Točan volumen uzorka koji se taloži ovisi o gustoći algi. Za oligotrofna jezera najčešće je potrebno istaložiti i do 100 mL uzorka. Kada je u uzorku prisutna velika koncentracija suspendiranog materijala, potrebno je razrijediti homogenizirani uzorak. Razrjeđenje se priprema na način da se staklenom ili automatskom pipetom uzme određeni volumen uzorka koji se zatim ispusti u cilindar sedimentacijske komorice. Ostatak cilindra se do vrha ispuni filtriranom vodovodnom vodom u

koju je dodana otprilike jednaka koncentracija Lugolove otopine u odnosu na koncentraciju u uzorku. Također je preporučljivo sve manje volumene uzorka (npr. 2 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL i 25 mL itd.) sedimentirati u cilindrima od 50 mL s dodatkom vode kako bi se osigurala ravnomjerna raspodjela čestica u sedimentacijskoj komorici.

Za optimalno punjenje sedimentacijske komorice treba paziti da je sav korišten pribor temperiran na sobnu temperaturu. Komorica se postavlja na vodoravnu površinu i puni uzorkom u jednom potezu tako da na površini sedimentacijskog cilindra ne ostane zraka. Sedimentacijski cilindar se zatim poklopi pokrovnim staklom pri čemu se mora izbjeći zadržavanje mjehurića zraka. Sedimentacija se odvija u tami na čvrstoj vodoravnoj površini koja nije podložna utjecaju vanjskih vibracija. Trajanje sedimentacije uzoraka konzerviranih Lugolovom otopinom prikazano je u Tablici 6.3.

Tablica 6.3. Vrijeme sedimentacije za uzorke konzervirane Lugolovom otopinom.

Volumen sedimentacijske komorice (mL)	Visina cilindra (cm)	Vrijeme potrebno za sedimentaciju (h)
2	1	3
10	2	8
25	5	12
50	10	24
100	20	48

Nakon što je sedimentiranje uzorka završeno, sedimentacijski se cilindar izmakne pomoću kvadratnog stakla za odstranjivanje sedimentacijskog cilindra te se na taj način zatvori komorica. Pri postupku zatvaranja komorice treba izbjegavati stvaranje mjehurića zraka što se može postići tako da se prije uklanjanja cilindra, pomoću kapalice doda malo vode uz rub cilindra i tek tada izmakne. Kada je komorica zatvorena spremna je za mikroskopiranje. Pri tome treba paziti da se komorica do mikroskopa prenese vrlo pažljivo kako ne bi došlo do pomicanja istaloženih čestica.

NAPOMENA: Važno je da je otvor pipete ili nastavka na automatskoj pipeti dovoljno velik kako velikim algama (npr. Ceratium hirundinella) ne bi bio onemogućen ulaz.

Predugo sedimentiranje (nekoliko dana) uzrokuje nastajanje mjehurića zraka koji onemogućavaju mikroskopiranje.

Ukoliko su u uzorku prisutne vrste koje zbog svoje strukture ne tonu (npr. cijanobakterije sa zračnim vakuolama; Botryococcus sp. s nakupinama lipida) u uzorak se može dodati 5 do 10 kapi ledene octene kiseline direktno prije homogeniziranja.

6.2.2.3.4. Mikroskopiranje uzorka za kvantitativnu analizu

Izbor načina brojenja ovisi o gustoći algi u uzorku. Strategije brojenja mogu biti sljedeće:

- a) brojenje unutar probnih polja – neovisno o povećanju, broje se alge u probnim poljima koje može predstavljati vidno polje ili polje mrežice postavljene u okular;
- b) brojenje unutar transekata – neovisno o povećanju, broje se alge u transektu, bilo širine vidnog polja ili mrežice u okularu;
- c) brojenje unutar cijele komorice – na velikom povećanju od 100x pregledava se pola ili cijela komorica prilikom čega se broje velike vrste, npr. *Ceratium hirundinella*.

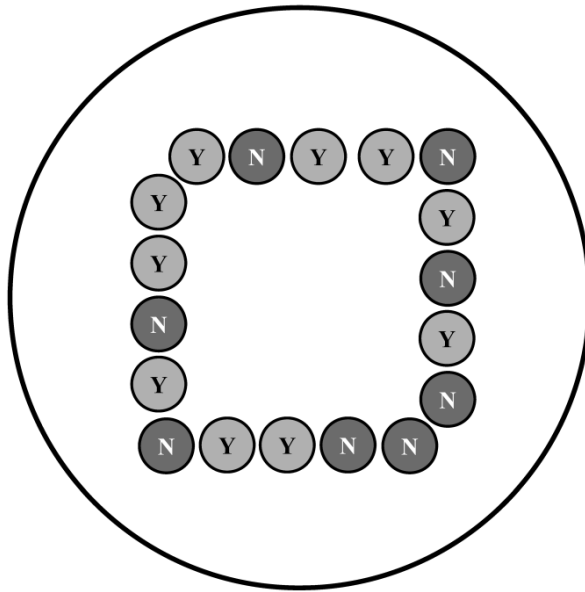
Kvantitativna analiza (brojanje stanica) obuhvaća tri koraka:

1. Na velikom povećanju od 400x korištenjem probnih polja ili transekata treba prebrojati vrste malih dimenzija. Potrebno je prebrojati onoliko vidnih polja ili transekata kako bi se izbrojalo najmanje 400 jedinica (stanica, cenobija, kolonija ili filamenata);
2. Prebrojati 1-4 transekta na povećanju od 200x kako bi se prebrojale srednje velike vrste koje su premale za brojanje na malom povećanju, ali prevelike da bi ih se moglo kvalitetno pregledati korištenjem probnih polja na velikom povećanju;
3. Na malom povećanju od 100x treba prebrojati pola ili cijelu komoricu kako bi se prebrojale vrste. Komoricu treba pregledati detaljnim nizom horizontalnih transekata i prebrojati veće vrste (npr. *Ceratium* spp.), velike kolonije ili nitaste oblike (npr. *Microcystis* spp., *Fragilaria* spp. itd.) i rijetke vrste.

Kod brojanja stanica metodom slučajnih polja treba imati dosljedan pristup u odlučivanju koje će se od stanica na rubu mrežice brojati. Jednostavno pravilo usvojeno u metodi HRN EN 15204:2008 glasi: stanice, kolonije ili filamenti koji prelaze ili se sijeku s gornjim rubom i lijevom stranom mrežice se ne broje, dok oni objekti koji prelaze dno ili desnu stranu mrežice se broje. U slučaju kad vidno polje označava probno polje, stanice, kolonije ili filamenti koji prelaze ili se sijeku s rubom lijeve polovice vidnog polja se ne broje, a oni objekti koji prelaze rub desne polovice vidnog polja se broje.

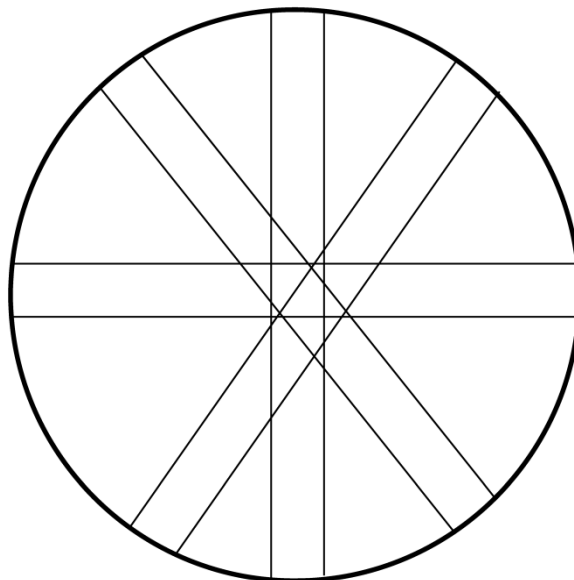
Strategije brojanja

1. brojanje jedinica algi u nasumično odabranim probnim poljima - prikladno za brojanje algi malih i srednjih veličina u uzorcima visoke gustoće



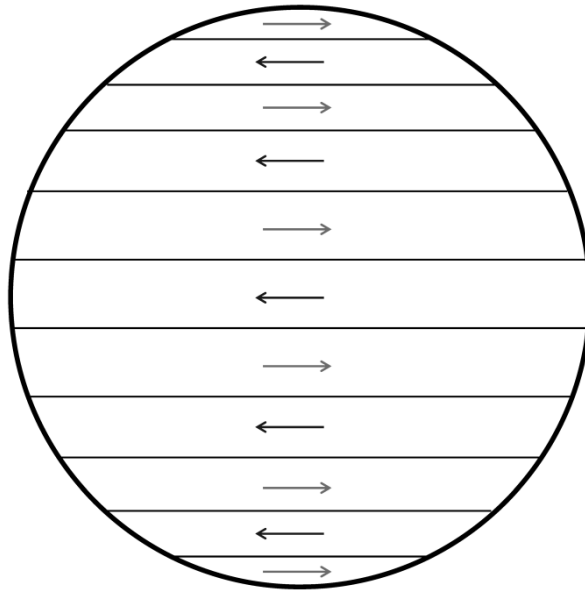
Slika 6.6. Metoda brojanja u nasumično odabranim probnim poljima (prema Breirley i sur., 2007.).

2. brojanje jedinica algi u transektu - prikladno za brojanje algi male i srednje veličine u uzorcima srednje gustoće



Slika 6.7. Metoda brojanja u transektima (prema Breirley i sur., 2007.).

3. brojanje jedinica algi u cijelim komoricama - prikladno za brojanje vrsta male i srednje veličine u uzorcima male gustoće i za brojanje vrsta velikih veličina u uzorcima, bez ograničenja na njihovu gustoću u uzorku.



Slika 6.8. Metoda brojanja u čitavoj komorici (prema Breirley i sur., 2007.).

Posebne smjernice:

- Kolonije roda *Microcystis* broje se u cijeloj komorici ili u transektu, dok se pojedinačne stanice istog roda (prisutne ukoliko su kolonije raspadnute) broje slučajnim odabirom polja. Slični primjeri istih vrsta algi s različitim pristupom u brojanju uključuju: kolonijalne oblike (*Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Coelomonon*, *Coelosphaerium*, *Cyanodictyon*, *Cyanonephron*, *Gomphosphaeria*, *Radiocystis*, *Snowella*, *Woronichinia*, *Coelosphaerium*, *Planktosphaeria*, *Sphaerocystis*), vrste prisutne i kao pojedinačne stanice i kao kolonije (*Aulacoseira*, *Dinobryon*, *Melosira*), cenobijalne oblike (*Desmodesmus/Scenedesmus*, *Pandorina*, *Crucigenia*) te nitaste oblike (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Planktothrix*).
- Vrste kod kojih je prisutna visoka varijabilnost u veličini stanica mogu se razvrstati u veličinske kategorije npr. *Cryptomonadales*: <16 μm , 16-26 μm , >26 μm ili *Bacillariophyceae*: <7 μm , 7-14 μm , 14-20 μm , >20 μm .
- Brojanje kod kolonijalnih i nitastih oblika obuhvaća prebrojavanje svih stanica u cijeloj koloniji odnosno niti. Ukoliko je kolonija izrazito velika ili su pak stanice u koloniji vrlo male, tada se direktno prebrojavanje radi na najmanje 30 manjih segmenata te se izračuna srednja vrijednost broja stanica u odnosu na prosječnu veličinu segmenta. Pomoću tako dobivene mjerne jedinice radi se procjena omjera mjerne jedinice i stvarne kolonije. Kod oblika čiji talus stvara spiralne niti (*Anabaena*), izbroji se srednji broj stanica po navoju spirale te se procijeni broj navoja po niti. Umnožak tih dvaju brojeva daje procijenjeni broj stanica po filamentu. Unatoč informaciji o broju stanica u pojedinim kolonijalnim oblicima,

filamentima i cenobijima, kada se primjenjuje pravilo iz prvog koraka koje se odnosi na brojenja najmanje 400 jedinica, tada kolonija, filament ili cenobij označavaju jednu jedinicu.

- Prazne silikatne ljušturice algi kremenjašica se ne broje, dok se prazne lorike vrsta poput *Dinobryon* spp. broje jer je najčešći slučaj da je zbog konzerviranja uzorka sama stanica ispala iz lorike.

6.2.2.3.5. Čišćenje dijatomejskog uzorka i izrada trajnih preparata

Za precizno određivanje dijatomeja u uzorku fitoplanktona potrebno je pripremiti trajne preparate prema postupku opisanom u poglavlju 6.1.2.2.

6.1.2.3.6. Mikroskopiranje uzorka fitoplanktona za kvantitativnu analizu dijatomeja

Kako je većinu dijatomeja nemoguće determinirati prilikom kvalitativne analize uzorka pri zadanim povećanjima (100, 200 i 400x), one se broje opisno ili u veličinskim kategorijama kako je navedeno u specifičnim smjernicama u poglavlju 3. Biološki elementi kakvoće za rijeke, potpoglavlju 3.2. Biološki element kakvoće fitobentos, 3.1.2.3.4. Mikroskopiranje uzoraka za kvantitativnu analizu. Međutim, točan broj pojedinih vrsta se dobije tako da se analiziraju trajni preparati napravljeni iz kvalitativnih (mrežnih) uzoraka.

Za svaku se pojedinu veličinsku ili opisnu kategoriju dijatomeja (npr. male centrice, srednje velike centrice, tanka *Fragilaria*, ...) odrede udjeli pojedinih vrsta u trajnom preparatu na povećanju od 1000x. Konačan broj pojedinih vrsta se dobije tako da se dobiveni udjeli primijene na izbrojenu vrijednost veličinske ili opisne kategorije.

6.1.2.3.7. Izračunavanje broja stanica

Izračunavanje broja stanica/jedinica (jedinica/L):

1. prema metodi brojanja u nasumično odabranim vidnim poljima jednadžbom

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \times K_z}{n \times V}$$

gdje je:

A - ukupan broj stanica/jedinica (ukupan broj stanica/jedinica /L)

V - volumen sedimentacijske komorice (cm³)

X_i - ukupan broj stanica/jedinica u izbrojanim vidnim poljima

n - broj izbrojanih vidnih polja

K_z - omjer između površine komorice i vidnog polja

Izračunavanje K_z jednadžbom

$$K_z = \frac{A_{ch}}{A_{fv}}$$

gdje je:

A_{ch} - površina komorice (mm^2)

A_{fv} - površina vidnog polja (mm^2)

prema metodi brojanja u transektu jednadžbom

$$A = \frac{l \times \pi \times r^2}{2 \times n \times r \times a \times V}$$

gdje je:

A - ukupan broj stanica/jedinica (jedinica/L)

l - ukupan broj stanica/jedinica u izbrojanom području

r - opseg komorice (mm)

n - broj izbrojanih transekata

a - promjer transekta (mm)

V - volumen komorice (cm^3)

6.2.2.4. Izračunavanje biomase fitoplanktona

Brojnost prebrojanih stanica vrsta u fitoplanktonu ne odražava nužno stvaran omjer jedne vrste u ukupnoj biomasi zajednice fitoplanktona. Nekoliko velikih prebrojanih stanica ili jedinica (cenobiji, kolonije, filamenti) može značajnije doprinijeti ukupnoj biomasi nego mnogo sitnih stanica. Stoga je biomasa relevantnija mjera od brojnosti fitoplanktona kod ocjene ekološkog stanja i važno ju je točno izračunati.

6.2.2.4.1. Princip izračunavanja biomase

Svaka vrsta fitoplanktona se opisuje najslabijim (po mogućnosti što jednostavnijim) geometrijskim tijelom. Ako nije moguće neku vrstu opisati jednostavnim geometrijskim tijelom, tada se koriste kombinacije geometrijskih tijela (npr. stožac s pola kugle) ili njihovi dijelovi (npr. pola kugle). U većini slučajeva dodjela geometrijskog tijela mora biti zasnovana na jednoj stanici, no kod kolonijalnih oblika gdje je teško raspoznati oblik pojedine stanice može se koristiti geometrijsko tijelo cijele kolonije.

NAPOMENA: Popis geometrijskih tijela s formulama za računanje njihovih volumena, popis algi s pripadajućim geometrijskim tijelima te faktori preračunavanja za treću dimenziju koja često nije vidljiva dati su u Savjetodavnoj normi za procjenu biovolumena fitoplanktona (HRN EN 16695:2015).

6.2.2.4.2. Određivanje potrebnih dimenzija

Potrebne dimenzije (npr. promjer, visina, dužina, širina itd.) pripadajućeg geometrijskog tijela trebaju se izmjeriti za svaku vrstu. Barem 20 jedinki iste vrste treba izmjeriti kako bi se osiguralo da standardna pogreška bude < 10%. Ako je varijabilnost u veličini pojedine vrste mala, tada se može izmjeriti samo 5-10 stanica. Isto tako, ako je u uzorku utvrđeno samo nekoliko stanica pojedine vrste, moguće je izmjeriti i manje.

Mjerenje stanica zahtijeva puno vremena, stoga se u monitoringu mogu primjenjivati srednje vrijednosti stanica izračunate vlastitim mjerenjima u prijašnjim godinama istraživanja za isto područje. Tijekom ovakvog postupanja s vremena na vrijeme potrebno je provjeravati da li dimenzije odgovaraju trenutnim srednjim vrijednostima.

Mjerenje se provodi pomoću okularnog mikrometra ili digitalne kamere i odgovarajućeg računalnog programa. Obavlja se tijekom brojenja stanica na što većem povećanju zbog što veće preciznosti, ali tako da cijela stanica stane u vidno polje. Okularni mikrometar ili digitalna kamera s odgovarajućim računalnim programom moraju biti kalibrirani pomoću umjerenog mikrometarskog preparata i to za svaki okular svakog mikroskopa posebno.

6.2.2.4.3. Izračunavanje biomase

Na temelju računanja volumena pripadajućih geometrijskih tijela algi i cijanobakterija dobiva se volumen koji se naziva biovolumen i on se izražava u jedinicama mm³/L. S pretpostavkom da je gustoća algi i cijanobakterija jednaka gustoći vode (1 g/cm³) biomasa se iz biovolumena pretvara na sljedeći način:

$$1 \text{ mm}^3/\text{L} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 1 \text{ mg}/\text{L}$$

$$1 \text{ mm}^3/\text{m}^3 = 10^6 \mu\text{m}^3/\text{L} = 1 \mu\text{g}/\text{L}$$

Ukupna biomasa stanica pojedine svojte se dobije tako da se izračunata biomasa stanice pomnoži s ukupnim brojem stanica. Ukupna biomasa fitoplanktona jednog uzorka zbroj je svih biomasa utvrđenih svojti.

6.3. Biološki element kakvoće makrofita

6.3.1. Terenski rad – prikupljanje podataka o makrofitima

6.3.1.1. Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje makrofita najbolje je obaviti tijekom ljeta i rane jeseni kad su makrofiti optimalno razvijeni, tj. od lipnja do rujna i listopada ukoliko je jesen topla s time da su srpanj i kolovoz optimalni za uzorkovanje. Proljetne mjesece koji su inače optimalni za uzorkovanje kopnene flore treba koliko je moguće izbjegavati za uzorkovanje makrofita. Voda je medij koji se sporije grije od zraka/kopna, tako da shodno tome i razvoj vegetacije kasni. Prerano uzorkovanje može uzrokovati teškoće na više razina. S obzirom da biljke još nisu optimalno razvijene ili su tek započele s razvojem procijenjene abundancije će biti manje, a i određivanje nepotpuno razvijenih biljaka može vrlo teško ili čak nemoguće. Prekasno uzorkovanje također nije preporučljivo jer vegetativni dijelovi mnogih vrsta nestaju pred zimu, te biljka preživljava u obliku trajnih organa.

Za vrijeme optimalnog razdoblja za uzorkovanje treba izbjegavati vrijeme visokih voda. Preporučljivo je da između pojave visoke vode i uzorkovanja makrofita prođu barem četiri tjedna.

6.3.1.2. Uzorkovanje makrofita i procjena abundancija

Makrofita se uzorkuju s obale ili iz čamca ovisno o konfiguraciji obale, mogućnosti prilaza i dubine vode. Moguće je i uzorkovanje ronjenjem. Uzorkuje se duž transekata širokih 2-6 m, okomitih na obalu, a pružaju se od obale do dubinske granice makrofita. Ovisno o veličini vodnog tijela i raznolikosti makrofitske vegetacije uorkuje se svakih 5-10 m, a koordinata svake točke bilježi se GPS uređajem. Transekti se mogu podijeliti i u različite dubinske zone koje odgovaraju različitim makrofitskim zajednicama ili pojavi i nestanku određenih vrsta ili značajnijoj promjeni njihovih abundancija. Za transekte valja odabrati homogeno područje koje odgovara općim prilikama u jezeru. Uzorkuje se grabilima, grabljama na užetu ili štapu (ovisno o dubini vode) ili direktno sakupljanjem iz vode. Na svakoj točki uzimaju se barem tri uzorka kako bi se sakupile po mogućnosti sve vrste. Za procjenu abundancija valja koristiti tuljac sa staklom ili neko slično pomagalo kojim se može gledati pod vodu. Na svakoj točki potrebno je izmjeriti dubinu (eho uređajem) i prozirnost Secchi diskom te napraviti potpun popis vrsta makrofita i makroalgi i procijeniti njihovu abundanciju pomoću Kohlerove skale (Kohler 1978, Tablica 6.4). Uzorke je potrebno odrediti do razine vrste ukoliko postoje sva determinacijska svojstva.

Tablica 6.4. Skala po Kohleru za procjenu učestalosti vodenih makrofita (Kohler 1978).

Stupanj	Opis	Objašnjenje
1	Vrlo rijetko, pojedinačno	samo pojedinačne biljke, do 5 jedinki
2	rijetko	ca. 6-10 jedinki, rahlo razdijeljenih po istraživanoj površini ili do 5 pojedinačnih sastojina
3	rašireno	ne može se predvidjeti, ali nije česta vrsta; "može se naći a da se posebno ne traži"
4	često	česta vrsta, ali ne masovna; nepotpuna pokrovnost s velikim prazninama
5	vrlo često, masovno	dominantna vrsta, manje-više posvuda; pokrovnost znatno veća od 50%

6.3.1.3. Oprema

6.3.1.3.1. Oprema za uzorkovanje na terenu

- čamac
- gumene čizme ili ribičke čizme
- topografske karte 1:25 000 ili 1:50 000
- GPS uređaj
- grablje na užetu ili teleskopskom štapu
- terenska bilježnica ili protokoli
- grafitne olovke i vodootporni flomaster
- fotoapararat
- lupa (povećanje barem 10x)
- plastične vrećice (najbolje za duboko zamrzavanje, različitih volumena)
- plastične posude za uzorke
- putni hladnjak (za osjetljive uzorke)
- etikete od paus papira
- ključevi za determinaciju
- naprava za gledanje pod vodom (plastična cijev sa staklenim dnom) ili maska za ronjenje
- naočale s polarizacijskim staklima
- bijela plastična kadica za pregled uzoraka i fotografiranje
- konzervans (etanol (50%) i glicerol u omjeru 1:1) ili FOA (standardni konzervans za botaničke preparate – 30 dijelova destilirane vode, 15 dijelova 96%-tnog etilnog alkohola, 5 dijelova cca. 35%-tne otopine formaldehida i 1 dio ledene octene kiseline)
- prema mogućnostima i ronilačka oprema.

6.3.1.3.2. Oprema za laboratorijski rad, određivanje sabranih vrsta i pohranu biljnog materijala

- petrijeve zdjelice
- histološke iglice
- pincete
- žileti
- predmetna i pokrovna stakalca
- kapaljke
- binokularna lupa i svjetlosni mikroskop
- papiri za prešanje biljaka i odgovarajuća preša
- etikete
- plastične posudice za mokre preparate
- omoti za eksikate mahovina
- ključevi za određivanje i ostala potrebna literatura

6.3.1.4. Taksonomske i ekološke skupine koje se uzorkuju

Od taksonomskih skupina u vodene makrofite uključene su više (ili vaskularne) biljke (Tracheophyta), mahovine (Bryophyta) i parožine (Charophyceae), te nitaste zelene alge (Chlorophyta) ako se pojavljuju u veću množini.

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

Svaki uzorak treba posebno etiketirati.

Ekološki, uzorkuju se vrste koje su u potpunosti uronjene u vodu, čiji listovi i cvjetovi plutaju na vodi ili koje čitave plutaju na vodi te biljke koje su većim dijelom uronjene u vodu, a samo manjim dijelom strše iz vode, te vrste koje su samo manjim dijelom uronjene u vodu (helofiti) i one koje čine obalnu vegetaciju. Te vrste iz obalne vegetacije valja jasno odvojiti zato jer se najčešće ne koriste direktno u procjeni stanja voda, ali mogu dati dodatne korisne informacije o stanju i ekološkim prilikama jezera.

6.4. Biološki element kakvoće makrozoobentos

Valja napomenuti da se uzorkovanje značajno razlikuje u odnosu na metodologiju uzorkovanja makrozoobentosa u jezerima opisanu u dokumentu Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće, jer se navedena odnosi na uzorkovanje profundala jezera.

6.4.1. Uzorkovanje

6.4.1.1. Vrijeme uzorkovanja

Uzorci makrozoobentosa sabiru se od travnja do rujna u vrijeme niskih stabilnih vodostaja, što je iznimno bitno za uzorkovanje u području litorala. U akumulacijama u kojima je namjena hidroenergetsko iskorištavanje, uzorkovanje valja uskladiti s radom hidroenergetskih postrojenja.

6.4.1.2. Oprema potrebna za uzorkovanje

- karta u mjerilu 1:25 000 ili 1:50 000,
- terenski protokol,
- ručna bentos mreža veličine okvira 25x25 cm, promjera oka 500 µm,
- grafitna i kemijska olovka,
- mjerna traka (metar) sa skalom do 10 m,
- štapni dubinomjer sa skalom od 1 m,
- bočice minimalnog volumena 0,5 l,
- uljni flomaster (otporan na alkohol i vodu),
- vodootporne etikete,
- plastična kanta,
- plastična kadica,
- mrežica za prosijavanje s promjerom pora od 0,5 mm,
- pinceta,
- 96 % etilni alkohol,
- fotoaparata,
- GPS aparat,
- gumene čizme (ribarske duge, sa i bez naramenica),
- zaštitna i terenska oprema: kabanica, jakna, hlače, terenske cipele, kapa ili šešir, krema sa zaštitnim faktorom protiv UV zračenja,
- terenska torbica za prvu pomoć i
- pojas za spašavanje.

6.4.1.3. Način uzorkovanja

Na reprezentativnoj postaji uzorkuje se područje litorala. Mjesto uzorkovanja obuhvaća transekt od 25 m širine obale jezera, sve do udaljenosti od 10 m prema otvorenoj vodi ili, alternativno, do točke u kojoj dubina vode doseže 1 m. Maksimalna površina koja može biti uzorkovana iznosi 250 m². Definiraju se četiri dubinska razreda: 0 - 0,25 m, 0,25 - 0,5 m, 0,5 - 0,75 m i 0,75 - 1,00 m. Na svakoj postaji se uzima deset poduzoraka ovisno o postotku zastupljenosti određene dubine i supstrata. Poduzorci s površine 25×25 cm (0,0625 m²) uzimaju se standardnom ručnom bentos mrežom veličine oka 500 μm (AQEM CONSORTIUM 2002). Ručna bentos mreža se postavi uspravno i čvrsto na supstrat s otvorom okrenutim prema smjeru gibanja vode koje je postignuto vrtnjom petama čizme pri čemu se uznemiruje dno supstrata, podiže ga se i takav se hvata u mrežu (eng. kick and sweep sampling). Valja dobro isprati veće kamenje u ručnu bentos mrežu, a preporuča se i pokupiti drvene ostatke u kadicu, da bi se kasnije pincetom mogle odvojiti pričvršćene životinje na njima. Sadržaj mreže se prebacuje u kantu, uklanja se veći supstrat s kojeg su prethodno odstranjeni svi organizmi. Na taj se način smanji volumen uzorka. Potom se na terenu sediment ispire i prosijava kroz mrežicu veličine oka 500 μm, pri čemu se pincetama vrši gruba separacija makrofaune. Iz takvog kompozitnog uzorka odstranjuje se voda, prebacuje se u već prethodno označenu bočicu i dodaje se 96 % etilni alkohol kako bi se uzorak konzervirao. Ako se uzorak s jedne mjerne postaje sprema u nekoliko bočica onda se one numeriraju oznakom (npr. 1/2, 2/2, itd.). Po završetku uzorkovanja cijela korištena oprema se dobro opere i pregleda kako ne bi zaostali neki organizmi te pripremi za sljedeće uzorkovanje. Po obavljenom uzorkovanju terenski protokol se pregleda i provjeri sadržava li sve potrebne podatke te se upišu i mogući problemi nastali tijekom uzorkovanja, koji bi mogli utjecati na kvalitetu uzorka.

Na bočice treba napisati:

- datum uzorkovanja,
- naziv akumulacije ili umjetne stajačice,
- oznaka mjesta uzorkovanja,
- oznaku bočice ako je potrebno (1/2, 2/2).

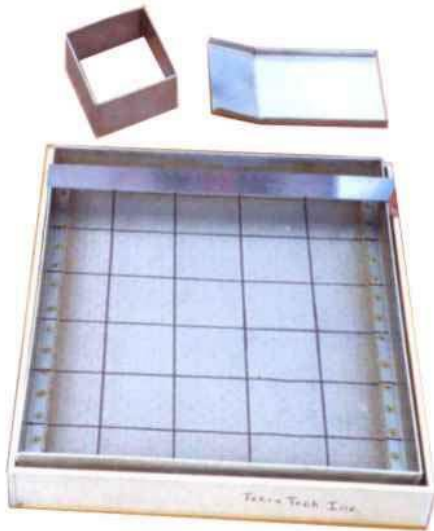
6.4.2. Laboratorijska obrada uzoraka

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

Oprema za poduzorkovanje u laboratoriju:

- kadica,
- metalna ili plastična mreža s 30 kvadrata jednake veličine; svaki kvadrat predstavlja jedan poduzorak,
- Petrijeve zdjelice čije je dno podijeljeno na četvrtine,
- žlice ili lopatice za izolaciju materijala iz kadice,

- plastične posudice, vrećice ili kivete,
- etilni alkohol,
- rukavice,
- škare,
- paus papir i
- grafitna olovka.



Slika 6.9. Mreža s 30 kvadrata jednake veličine u kadici s poduzorkivačem.

Organizmi se izoliraju na sljedeći način:

- U laboratoriju se iz vrećice ili posudice s uzorkom odlije alkohol kroz mrežu promjera oka 500 μm u odgovarajuću posudu, a sabrani materijal se ispere pod tekućom vodom i odloži u kadicu.
- Za analizu nije potrebno izdvajati organizme iz cijelog uzorka te se on raspoređuje u kadicu za poduzorkovanje, koja je podijeljena na 30 jednakih kvadrata (slika 6.9). Iz pet slučajno izabranih kvadrata/poduzoraka (jedinica za izolaciju), izdvoje se svi makroskopski beskraljješnjaci.
- Izdvajanje organizama je završeno ako u pet poduzoraka nađemo minimalno 700 jedinki, a iz ostatka uzorka izvade se životinje veće od 2 cm. Broj životinja prikupljenih iz pet kvadrata pomnoži se s 6 (da bi se dobio broj životinja u cjelokupnom uzorku, odnosno 30 kvadrata) te se navedenom broju pribroje i životinje veće od 2 cm koje su prethodno prikupljene iz cjelokupnog uzorka.
- U slučaju da se iz 5 kvadrata ne izolira više od 700 jedinki, pregledavaju se dodatni kvadrati sve dok brojnost organizama ne dosegne potrebnih 700 jedinki. Broj jedinki je potrebno preračunati na cijeli uzorak te kasnije na površinu od 1 m^2 .
- Organizam pripada pojedinom poduzorku ako se glava, odnosno veći dio organizma, nalazi u njoj.
- Za organizme, koji leže na gornjoj ili desnoj granici između dva poduzorka, smatra se da pripadaju tom poduzorku.

- Prazne ljuštore puževa i školjkaša te prazne kućice ličinka tulara se ne broje.
- Ne broje se svlakovi kukaca i dijelovi organizama (noge, škrge, antene i sl.).
- Kod maločetinaša se broji cijeli primjerak ili samo prednji dio tijela.
- Za izolaciju organizama se koristi stereolupa.
- Bentoski beskralješnjaci se po taksonomskim skupinama sprema u zasebne kivetice sa 75% etilnim alkoholom u koje se stavljaju etikete od paus papira s naznačenim nazivom skupine, datumom i mjestom uzorkovanja. Tako spremljeni organizmi se kasnije determiniraju do nižih sistematskih kategorija.

Ako su prikupljeni uzorci manjeg volumena, za poduzorkovanje se mogu koristiti i Petrijeve zdjelice potrebne veličine, čiji je dno podijeljeno na četvrtine. Pomoću stereo mikroskopa (lupe) izdvoje se sve životinje iz jedne četvrtine, a ostale se pospreme. Ako je u prvoj četvrtini skupljeno 700 jedinki izolacija se prekida, a iz ostale tri četvrtine (ostatak) se izvade životinje veće od 2 cm. U slučaju da je u četvrtini pregledanog uzorka zabilježeno 700 jedinki, broj životinja iz četvrtine uzorka se pomnoži s 4 te se navedenom broju pribroje i ostale životinje veće od 2 cm koje su pokupljene iz ostale tri četvrtine uzorka. Ako nije izdvojeno 700 jedinki izolira se sljedeća četvrtina. Isti proces se nastavlja dok se ne skupi 700 jedinki ili se ne izolira cijeli uzorak.

Izdvojene i prebrojene jedinice se pohranjuju u plastične epruvete s poklopcem volumena 2 ml sa 70 %-tnim etilnim alkoholom. U plastične epruvete također treba staviti etiketu s podacima o uzorku (datum uzorkovanja, naziv jezera, oznaka lokacije) i nazivu svojte koja se u njoj nalazi.

Nakon toga se pristupi determinaciji do najniže moguće sistematske razine.

7. TIPIZACIJA UMJETNIH STAJAĆICA I AKUMULACIJA

7.1. Prijedlog abiotičke tipologije stajaćica Panonske ekoregije

ODV je donijela novi pristup u ocjenjivanju stanja voda koji se temelji na činjenici da različiti tipovi voda imaju različite ekološke karakteristike. Budući da MEP može odražavati uvjete karakteristične za najbliži usporedivi tip prirodnog vodnog tijela na referentnoj postaji, naglasak je ovog projekta i na samoj tipologiji. Ljudski utjecaj može uzrokovati dramatične posljedice na hidrološki režim vodnih tijela, mijenjajući pritom i kategorije vodnih tijela. U većini slučajeva taj se utjecaj očituje u promjeni riječnog režima u stajaćicu. Međutim, promjene koje promatrači mogu ocijeniti bitnima ne moraju nužno rezultirati istovjetno bitnim promjenama za biotu. Zajednice organizama koji nastanjuju vodene ekosustave razlikuju se prema ekološkim preferencijama i toleranciji. Određeni deskriptori mogu biti ekološki bitni za određene BEK, ali nebitni za druge. Zahvat poput utvrđivanja glavnog kanala i izgradnje brane može stabilizirati razinu vode i stvoriti jezerske uvjete za makrofitske i bentičke organizme, ali je utjecaj istoga na fitoplankton znatno manji. Prema tome, ukoliko izgrađena brana znatno ne povećava vrijeme zadržavanja vode u vodnom tijelu (engl. Water retention time), korištenje planktonskih organizama kao biološkog pokazatelja neće ukazati na promjenu kategorije vodnog tijela.

Prema kriterijima Okvirne direktive o vodama, jezerski tipovi definiraju se prema obveznim, ali i izbornim pokazateljima, koji često odražavaju specifičnost vodnih tijela pojedinih zemalja članica. Obavezni parametri koji se uzimaju u obzir prilikom definiranja jezerskih tipova u Republici Hrvatskoj (RH) su:

- 1) položaj jezera u Illiesovoj limnološkoj regionalizaciji Europe:
 - Panonsku ekoregiju (ekoregija 11)
 - Dinaridsku ekoregiju (ekoregija 5)
- 2) površina jezera, tri kategorije:
 - < 1 km² - mala jezera
 - od 1 km² do 10 km² - srednje velika jezera
 - od 10 km² do 100 km² - velika jezera
- 3) geološka i litološka podloga:
 - silikatna,
 - karbonatna,
 - miješana silikatno-karbonatna ili karbonatno-silikatna (ovisno o tome koja je više zastupljena),
 - organogena
 - miješana silikatno-organogena,
 - miješana karbonatno-organogena
- 4) nadmorska visina, tri kategorije:
 - gorska (planinska) jezera (> 500 m n.v.)
 - prigorska jezera (200 – 500 m n.v.)
 - nizinska jezera (< 200 m n.v.)

5) srednja dubina, tri kategorije:

- plitka jezera (< 3m),
- srednje duboka jezera (3 – 15 m),
- duboka jezera (> 15 m)

Prilikom definiranja abiotičkih tipova akumulacija i drugih umjetnih stajačica u RH predlažemo iste obavezne parametre kao i kod prirodnih jezera, uz jedan izuzetak koji se odnosi na srednju dubinu, gdje predlažemo 3 kategorije prema srednjoj dubini umjetnih stajačica, obzirom na stratifikaciju i miješanje čitavog stupca vode:

- vrlo plitke umjetne stajačice (< 3m)
- plitke umjetne stajačice (3 – 10 m)
- duboke umjetne stajačice (> 10 m)

Vrlo plitke umjetne stajačice i akumulacije nisu stratificirane u toplijem dijelu godine, dok su plitke stajačice sa srednjom dubinom do 10 m stratificirane samo u najdubljem dijelu uz brane. Budući da stratificirani dio plitkih umjetnih stajačica zauzima samo manji dio površine stajačica, veći dio je vrlo plitak i nestratificiran.

Od izbornih deskriptora predlažemo vrijeme zadržavanja vode i intenzitet fluktuacija i oscilacija vodostaja. U nacrtu abiotičke tipologije velikim oscilacijama vodostaja smatraju se sezonske oscilacije veće od 5 m.

Obzirom na gore navedene parametre, karakteristike slivnog područja te litološku i geološku kartu RH u Panonskoj ekoregiji možemo razlikovati slijedeće abiotičke tipove umjetnih stajačica, šljunčara i akumulacija:

1. Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi (akumulacija Popovac)
2. Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi (akumulacija Jošava)
3. Nizinske male i plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi (akumulacija Lapovac)
4. Nizinske male i plitke umjetne stajačice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi (Sakadaško jezero)
5. Nizinske male i duboke šljunčare u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi (šljunčara Novo Čiče)
6. Nizinske srednje velike i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi (akumulacija Grabovo jezero, akumulacija Pakra)
7. Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajačice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi (šljunčara Rakitje)
8. Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajačice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi (Stara Drava Čingi lingi)
9. Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajačice u silikatnoj podlozi (Šoderica Koprivnica)
10. Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajačice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi (Jarunsko jezero, akumulacija Borovik)
11. Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi s kratkim vremenom zadržavanja vode (ak. HE Varaždin, ak. HE Čakovec i ak. HE Dubrava)

7.2. Prijedlog biotičke tipologije stajaćica Panonske ekoregije

Jedan od projektnih zadataka bio je i definirati biotičku tipologiju, odnosno utvrditi u kojem stupnju se raspored i struktura vodenih zajednica može pridružiti abiotičkoj tipologiji akumulacija hrvatske hidrografske mreže definirane na osnovu obaveznih i predloženih izbornih fiziografskog deskriptora. Istraživane akumulacije i umjetne stajaćice pokazuju izrazite razlike u hidrološkim značajkama. Vrijeme zadržavanja vode predstavlja ključnu okolišnu varijablu koja određuje biološki element fitoplankton. Ukoliko se vrijeme zadržavanja vode nakon pregradnje rijeka nije značajno povećalo, fitoplanktonska zajednica će biti relativno slabo razvijena, a u akumulaciji dominiraju dijatomeje dignute s riječnog dna te se nastala akumulacija i dalje može s gledišta fitoplanktona kategorizirati kao rijeka, što je čest slučaj kod zahvata na velikim rijekama. U navedenom slučaju samo zajednice makrozoobentosa i makrofita pokazuju sastav zajednica koji je svojstven lentičkim staništima. U slučajevima kada je vrijeme zadržavanja vode veće od oko 14 dana razvijaju se jezerske fitoplanktonske zajednice, te je najbliža usporediva kategorija vodnog tijela prirodno jezero sličnih hidromorfoloških (veličina, srednja dubina) i kemijskih značajki. Drugi odabrani izborni pokazatelj, velike oscilacije vodostaja koje su u akumulacijama najčešće uzrokovane režimom rada hidroelektrana, ima krucijalan utjecaj na BEK makrofita i makrozoobentos litoralnog područja.

Nakon odabira prikladne kategorije vodnog tijela potrebno je odrediti najbliži usporedivi tip. Tijekom interkalibracije bioloških metoda države članice morale su uspostaviti zajedničke tzv. interkalibracijske tipove. Ti tipovi su dostupni i za Panonsku i Dinaridsku ekoregiju. Ukoliko su već prethodno određena znatno promijenjena vodna tijela (HMWB) ili umjetni tipovi u istoj ekoregiji, poželjno je upotrebljavati te tipove kao važeće (de Hoyos et al., 2014).

Temeljem našeg dugogodišnjeg iskustva te temeljem izvješća iz završenih interkalibracijskih procesa koji se baziraju na jezerima, a koji manjim dijelom uključuju i akumulacije, držimo da su najvažniji abiotički čimbenici relevantni za biotičku tipologiju umjetnih stajaćica Panonske ekoregije srednja dubina akumulacija i umjetnih stajaćica te vrijeme zadržavanja vode. Srednja dubina je krucijalan čimbenik koji utječe na stratifikaciju temeljnih ekoloških čimbenika u toplijem dijelu godine, a vrijeme zadržavanja vode ključni je čimbenik za razvoj planktonske zajednice.

Stoga predlažemo 4 osnovna biotička tipa umjetnih stajaćica Panonske ekoregije:

1. Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice

Ovaj biotički tip obuhvaća slijedeće abiotičke tipove:

- Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi
- Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi
- Nizinske srednje velike i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi
- Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi
- Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi

2. Plitke akumulacije i umjetne stajaćice

Ovaj biotički tip obuhvaća slijedeće abiotičke tipove:

- Nizinske male i plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi
- Nizinske male i plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi

- Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajačice u silikatnoj podlozi
- Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajačice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi
- 3. Duboke umjetne stajačice,
Ovaj biotički tip obuhvaća slijedeće abiotički tip:
 - Nizinske male i duboke šljunčare u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi
- 4. Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode
Ovaj biotički tip obuhvaća slijedeć abiotički tip:
 - Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi s kratkim vremenom zadržavanja vode

Sva četiri biotička tipa relevantni su za BEK fitoplankton i fitonbentos, dok su za BEK makrozoobentos i makrofita relevantna samo prva tri biotička tipa. Vrijeme zadržavanja vode nije relevantan deskriptor za makrozoobentos i makrofita, te se akumulacije na velikim rijekama grupiraju u prva tri tipa obzirom na srednju dubinu. U Tablici 15.2 (str. 196) ovog elaborata dan je pregled Istraživanih stajačica uz pripadajući biotički i abiotički tip.

Istraživanja u sklopu ovog projekta provedeno je na 15 akumulacija i tri retencije površine veće od 0,5km². Sustavi ocjene ekološkog potencijala razvijeni su temeljem uzorkovanja BEK u 15 akumulacija površine veće od od 0,5km². Namjena retencija je prihvat vodnih valova i obrana od poplava, te su većim dijelom godine bez vode ili pak područjem retencije prolaze manji ili srednje veliki vodotoci, Budući da u retencijama nisu prisutni lentički uvjeti, nije moguće uzorkovati biološke elemente metodama za stajačice. Stoga predlažemo da se na području retencija provodi ocjene ekološkog stanja / potencijala metodama za tekućice.

Tablica 1. projektnog zadatka sadrži i popis manjih stajačica (akumulacija i retencija) površine između 0,3 i 0,5 km² i/ili dužine iznad 0,5 km te površine manje od 0,3 km² i dužine manje od 0,5 km. Srednja dubina (i vrijeme zadržavanja vode) su ključni čimbenici koji razdvajaju biotičke tipove akumulacija u Panonskoj ekoregiji. Temeljem podataka o srednjoj dubini moguće je i manje stajačice svrstati u odgovarajuće biotičke tipove (vrlo plitke, plitke i duboke akumulacije i umjetne stajačice) i po potrebi na njima provoditi monitoring temeljem razvijenih sustava za ocjenu ekološkog potencijala koji je predstavljen u nastavku ovog elaborata. Budući da je Naručitelj dostavio nepotpune podatke o navedenim stajačicama (uključujući i srednju dubinu), u ovome trenutku nismo u mogućnosti svrstati sve manje umjetne stajačice u odgovarajuće biotičke tipove. U retencijama površine između 0,3 i 0,5 km² i/ili dužine iznad 0,5 km te površine manje od 0,3 km² i dužine manje od 0,5 km također predlažemo, u slučaju potreba, provođenje monitoringa za ocjenu ekološkog stanja / potencijala metodama za tekućice.

Literatura

de Hoyos C., Catalan J., Dörflinger G., Ferreira J., Kemitzoglou D., Laplace-Treyture C., Pahissa López J., Marchetto A., Mihail O., Morabito G., Polykarpou P., Romão F., Tsiaoussi V. 2014. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Mediterranean Lake Phytoplankton ecological assessment methods. JRC Technical Reports.

8. OPERATIVNE LISTE SVOJTI

8.1. Biološki element kakvoće fitoplankton

Uz operativnu listu svojti dani su i kodoni funkcionalnih grupa za ocjenu ekološkog potencijala u akumulacijama i umjetnim stajaćicama.

Tablica 8.1. Operativna lista svojti za biološki element kakvoće fitoplankton.

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Bigyra	<i>Bicosoeca cylindrica</i>	X3	X3
Bigyra	<i>Poteriodendron petiolatum</i>	Wo	Wo
Charophyta	<i>Closterium aciculare</i>	P	P
Charophyta	<i>Closterium acutum</i>	P	P
Charophyta	<i>Closterium diana</i>	TID	P
Charophyta	<i>Closterium gracile</i>	P	P
Charophyta	<i>Closterium limneticum</i>	TID	P
Charophyta	<i>Closterium pronum</i>	TID	P
Charophyta	<i>Closterium sp.</i>	TID	P
Charophyta	<i>Closterium tortum</i>	TID	MP
Charophyta	<i>Cosmarium abbreviatum</i>	N	N
Charophyta	<i>Cosmarium humile</i>	N	N
Charophyta	<i>Cosmarium regnellii</i>	N	N
Charophyta	<i>Cosmarium sp.</i>	N	N
Charophyta	<i>Cosmarium tenue</i>	N	N
Charophyta	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	F	F
Charophyta	<i>Elakatothrix genevensis</i>	F	F
Charophyta	<i>Elakatothrix inflexa</i>	F	F
Charophyta	<i>Euastrum pulchellum var denticulatum</i>	TID	MP
Charophyta	<i>Mougeotia sp.</i>	T	T
Charophyta	<i>Staurastrum chaetoceras</i>	P	P
Charophyta	<i>Staurastrum cingulum</i>	P	P
Charophyta	<i>Staurastrum pingue</i>	P	P
Charophyta	<i>Staurastrum polymorphum</i>	P	P
Charophyta	<i>Staurastrum sp.</i>	N	N
Charophyta	<i>Staurastrum tetracerum</i>	P	P
Charophyta	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i>	N	N
Charophyta	<i>Stauroidesmus dejectus</i>	P	P
Charophyta	<i>Stauroidesmus mucronatus</i>	P	P
Charophyta	<i>Zygnema sp.</i>	T	T
Chlorophyta	<i>Actinastrum hantzschii</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Ankyra judayi</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Ankyra lanceolata</i>	X1	X1

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Chlorophyta	<i>Binuclearia lauterbornii</i>	T	T
Chlorophyta	<i>Botryococcus braunii</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Carteria globosa</i>	W1	W1
Chlorophyta	<i>Carteria</i> sp.	W1	X2
Chlorophyta	<i>Characium</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Chlamydomonas pseudopertusa</i>	W0	X2
Chlorophyta	<i>Chlamydomonas</i> sp.	W0	X2
Chlorophyta	<i>Chlorella</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Chlorococcum</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Chloromonas</i> sp.	X2	X2
Chlorophyta	Chlorophyceae	X1	X1
Chlorophyta	<i>Choricystis chodatii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Choricystis minor</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Choricystis minor</i> var <i>Gallica</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Closteriopsis acicularis</i>	X1	X1
Chlorophyta	Cocoid green algae cell	X1	X1
Chlorophyta	<i>Coelastrum astroideum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coelastrum microporum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coelastrum polychordum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coelastrum reticulatum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coelastrum sphaericum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Coenochloris fottii</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Coenochloris hindakii</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Coenochloris polycocca</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Coenochloris</i> sp.	F	F
Chlorophyta	<i>Coenocystis</i> sp.	K	K
Chlorophyta	<i>Coronastrum lunatum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Crucigenia apiculata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Crucigenia fenestrata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Crucigeniella</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Dactylosphaerium jurisii</i>	J	F
Chlorophyta	<i>Desmodesmus abundans</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Desmodesmus intermedius</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Desmodesmus opoliensis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Diacanthos belenophorus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Dicellula geminata</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Dictyosphaerium granulatum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i>	F	F

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Chlorophyta	<i>Didymocystis bicellularis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Didymocystis fina</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Didymocystis inermis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Didymogenes palatina</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Dimorphococcus cordatus</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Eutetramorus fottii</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Eutetramorus globosus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Eutetramorus planctonicus</i>	J	F
Chlorophyta	<i>Eutetramorus</i> sp.	F	F
Chlorophyta	<i>Franceia ovalis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Geminella</i> sp.	T	T
Chlorophyta	<i>Golenkinia radiata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Golenkiniopsis chlorelloides</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Golenkiniopsis longispina</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Granulocystis helenae</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella arcuata</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella contorta</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella diana</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella irregularis</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella lunaris</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Kirchneriella obtusa</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Kirchneriella rotunda</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Koliella longiseta</i>	X3	X3
Chlorophyta	<i>Koliella planktonica</i>	X3	X3
Chlorophyta	<i>Koliella</i> sp.	X3	X3
Chlorophyta	<i>Komarekia appendiculata</i>	J	X3
Chlorophyta	<i>Komarekia</i> sp.	J	J
Chlorophyta	<i>Korshikoviella limnetica</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia ciliata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia genevensis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia hindakii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia longiseta</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia marssonii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia quadriseta</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia subsalsa</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Lobocystis planctonica</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Micractinium pusillum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monactinus simplex</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium circinale</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	X1	X1

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Chlorophyta	<i>Monoraphidium dybowskii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium flexuosum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium griffithii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium irregulare</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium minutum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium pusillum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium skujae</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium subclavatum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Monoraphidium tortile</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>	X2	X2
Chlorophyta	<i>Nephrochlamys willeana</i>	X2	X2
Chlorophyta	<i>Oedogonium</i> sp.	X3	X3
Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Oocystis marssonii</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Oocystis parva</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Oocystis</i> sp.	F	F
Chlorophyta	<i>Pediastrum biradiatum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Pediastrum boryanum</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Pediastrum duplex</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Pediastrum simplex</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Pediastrum tetras</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Peterfiella alata</i>	W1	W1
Chlorophyta	<i>Phacotus lenticularis</i>	YPh	YPh
Chlorophyta	<i>Phytomonadina</i> sp.	Wo	Wo
Chlorophyta	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Polyedriopsis spinulosa</i>	X2	X2
Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Pseudodidymocystis</i> sp.	X1	X1
Chlorophyta	<i>Pteromonas</i> sp.	X3	X3
Chlorophyta	<i>Quadricoccus ellipticus</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Radiococcus</i> sp.	F	F
Chlorophyta	<i>Raphidocelis</i> sp.	F	F
Chlorophyta	<i>Scenedesmus aculeolatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus acutus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus arcuatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus armatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus communis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus denticulatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus disciformis</i>	J	J

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Chlorophyta	<i>Scenedesmus dispar</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus ecornis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus granulatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus intermedius</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus linearis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus longispina</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus maximus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus obliquus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus obtusus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus ovalternus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus protuberans</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus sp.</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus spinosus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus subspicatus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Scenedesmus verrucosus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Schroederia setigera</i>	J	X1
Chlorophyta	<i>Schroederia sp.</i>	J	X1
Chlorophyta	<i>Schroederia spiralis</i>	J	X1
Chlorophyta	<i>Siderocelis kolkwitzii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Siderocelis ornata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Siderocelis sp.</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Sphaerellopsis sp.</i>	X3	X3
Chlorophyta	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	F	F
Chlorophyta	<i>Stichococcus sp.</i>	X3	X3
Chlorophyta	<i>Tetrademus crocinii</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Tetrademus dimorphus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Tetrademus lagerheimii</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Tetrademus obliquus</i>	J	J
Chlorophyta	<i>Tetraedron caudatum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron incus</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron minimum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron regulare</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron sp.</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron triangulare</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraedron trigonum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraplekton tribulus</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetraselmis cordiformis</i>	X3	X3
Chlorophyta	<i>Tetrastrum elegans</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetrastrum glabrum</i>	X1	X1

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Chlorophyta	<i>Tetrastrum peterfii</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetrastrum punctatum</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Tetrastrum triangulare</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Treubaria planctonica</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Treubaria quadrispina</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Treubaria setigera</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Treubaria triappendiculata</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Willea irregularis</i>	X1	X1
Chlorophyta	<i>Willea wilhelmii</i>	X1	X1
Choanozoa	<i>Salpingoeca</i> sp.	Wo	Wo
Chrysophyta	<i>Calothrix</i> sp.	TIC	MP
Cryptophyta	<i>Chroomonas coerulea</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> cf <i>obovoidea</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> cf <i>platyuris</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas obovata</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas ovata</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas reflexa</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	Y	Y
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> sp.	Y	Y
Cryptophyta	<i>Plagioselmis lacustris</i>	X2	X2
Cryptophyta	<i>Plagioselmis nannoplanctonica</i>	X2	X2
Cyanobacteria	<i>Anabaena minderi</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaena planctonica</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaena sigmaidea</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaena</i> sp.	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis circularis</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis cunningtonii</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis milleri</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon gracile</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon klebahnii</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon</i> sp.	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon yezoense</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa elachista</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa incerta</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa planctonica</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa</i> sp.	K	K

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojtá	FG Rijeke*	FG Jezera**
Cyanobacteria	<i>Aphanothece clathrata</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanothece minutissima</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanothece smithii</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Aphanothece</i> sp.	K	K
Cyanobacteria	<i>Arthrospira jenneri</i>	S2	S2
Cyanobacteria	<i>Arthrospira platensis</i>	S2	S2
Cyanobacteria	cf <i>Glaucospira</i>	TID	MP
Cyanobacteria	<i>Chroococcus dispersus</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Chroococcus limneticus</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Chroococcus minutus</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Chroococcus</i> sp.	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Chroococcus turgidus</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Chrysosporum bergii</i>	X3	X3
Cyanobacteria	<i>Chrysosporum minor</i>	X3	X3
Cyanobacteria	<i>Chrysosporum ovalisporum</i>	X3	X3
Cyanobacteria	<i>Coelomorón pusillum</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Coelosphaerium hindakii</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Cyanodictyon</i> sp.	K	K
Cyanobacteria	<i>Cyanogranis ferruginea</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Cyanotetras</i> sp.	K	K
Cyanobacteria	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	SN	SN
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum compactum</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum flos aquae</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum mendotae</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum planctonicum</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum sigmoideum</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Dolichospermum smithii</i>	H1	H1
Cyanobacteria	<i>Geitlerinema acuiforme</i>	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Glaucospira</i> sp.	S2	S2
Cyanobacteria	<i>Komvophoron</i> sp.	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Limnothrix redekei</i>	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i> cf <i>hyalina</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Merismopedia glauca</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Merismopedia</i> sp.	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Merismopedia tenuissima</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	M	M
Cyanobacteria	<i>Microcystis</i> cf <i>flos aquae</i>	M	M
Cyanobacteria	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	M	M
Cyanobacteria	<i>Microcystis smithii</i>	M	M

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Cyanobacteria	<i>Microcystis</i> sp.	M	M
Cyanobacteria	<i>Microcystis wesenbergii</i>	M	M
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria</i> sp.	TIC	MP
Cyanobacteria	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Planktothrix agardhii</i>	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Planktothrix rubescens</i>	R	R
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena limnetica</i>	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaena</i> sp.	S1	S1
Cyanobacteria	<i>Radiocystis geminata</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Rhabdoderma lineare</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Romeria elegans</i>	K	K
Cyanobacteria	<i>Romeria</i> sp.	K	K
Cyanobacteria	<i>Snowella lacustris</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Snowella litoralis</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Spirulina</i> sp.	S2	S2
Cyanobacteria	<i>Synechococcus nidulans</i>	Z	Z
Cyanobacteria	<i>Synechococcus</i> sp.	Z	Z
Cyanobacteria	<i>Synechocystis</i> sp.	K	K
Cyanobacteria	<i>Woronichinia compacta</i>	LO	LO
Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>	LO	LO
Euglenozoa	<i>Colacium sideropus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena acus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena ehrenbergii</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena gasterosteus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena gracilis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena limnophila</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena limnophila</i> var <i>swirenkoi</i>	W0	W1
Euglenozoa	<i>Euglena oxyuris</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena pisciformis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena proxima</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena rostrifera</i>	W0	W1
Euglenozoa	<i>Euglena</i> sp.	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena spirogyra</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena teres</i>	W0	W1
Euglenozoa	<i>Euglena texta</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena tripteris</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Euglena variabilis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Lepocinclis acuta</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Lepocinclis fusiformis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Lepocinclis glabra</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Lepocinclis ovum</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Lepocinclis playfairiana</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus acuminatus</i>	W1	W1

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Euglenozoa	<i>Phacus agilis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus caudatus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus curvicauda</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus glaber</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus granum</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus inconspicuus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus longicauda</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus orbicularis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus oscillans</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus pleuronectes</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus pusillus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus pyrum</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus raciborskii</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus skujae</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus sp.</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus suecicus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Phacus tortus</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Rhabdomonas incurva</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Strombomonas fluviatilis</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Strombomonas sp.</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas armata</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas bernardiensis</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Trachelomonas dangeardiana</i>	W1	W1
Euglenozoa	<i>Trachelomonas granulosa</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas hispida</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas intermedia</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas oblonga</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas planctonica</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas rugulosa</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas scrabra</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas sp.</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas verrucosa</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas volvocina</i>	W2	W2
Euglenozoa	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	W2	W2
Haptophyta	<i>Chrysochromulina parva</i>	X2	X2
Miozoa	<i>Ceratium furcoides</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Ceratium hirundinella</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Dinophyta sp.</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Gymnodinium acuminatum</i>	W1	W1
Miozoa	<i>Gymnodinium aeruginosum</i>	W1	LO
Miozoa	<i>Gymnodinium cf fuscum</i>	W1	W1
Miozoa	<i>Gymnodinium mitratum</i>	W1	W1
Miozoa	<i>Gymnodinium sp.</i>	LO	LO

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Miozoa	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Gyrodinium helveticum</i>	W1	W1
Miozoa	<i>Naiadinium polonicum</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridiniopsis cunningtonii</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridiniopsis penardii</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium cinctum</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium inconspicuum</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium penardiforme</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium sp.</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium umbonatum</i>	LO	LO
Miozoa	<i>Peridinium willei</i>	LO	LO
Bacillariophyta	<i>Acanthoceras sp.</i>	A	A
Bacillariophyta	<i>Acanthoceras zachariasii</i>	A	A
Bacillariophyta	<i>Achnanthes sp.</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Achnantheidium sp.</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Actinocyclus normanii</i>	J	J
Bacillariophyta	<i>Amphora inariensis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Amphora libyca</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Amphora ovalis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Amphora pediculus</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Amphora sp.</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	C	C
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira distans</i>	C	C
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira granulata</i>	P	P
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira granulata var angustissima</i>	P	P
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira italica</i>	B	B
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	P	P
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira sp.</i>	P	P
Bacillariophyta	<i>Centrales sp.</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Cocconeis neodiminuta</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cocconeis pediculus</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cocconeis placentula</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cocconeis sp.</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cyclostephanos dubius</i>	A	C
Bacillariophyta	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	A	C
Bacillariophyta	<i>Cyclotella atomus</i>	B	C
Bacillariophyta	<i>Cyclotella comensis</i>	B	B
Bacillariophyta	<i>Cyclotella comta</i>	B	B
Bacillariophyta	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	C	C
Bacillariophyta	<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	C	C

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> sp.	C	C
Bacillariophyta	<i>Cyclotella stelligera</i>	C	C
Bacillariophyta	<i>Cymatopleura solea</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbella affinis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbella cymbiformis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbella hustedtii</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbella</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbopleura aequalis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbopleura amphicephala</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Cymbopleura</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Diatoma vulgaris</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Diploneis</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Encyonema silesiacum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Encyonema</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Epithemia adnata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Epithemia</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Eunotia</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Fragilaria acus</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Fragilaria capucina</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	TIB	P
Bacillariophyta	<i>Fragilaria dilatata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Fragilaria nanana</i>	TIB	P
Bacillariophyta	<i>Fragilaria pinnata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Fragilaria</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Fragilaria ulna</i>	TIB	P
Bacillariophyta	<i>Gomphonema acuminatum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Gomphonema parvulum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma scalproides</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Luticola goeppertiana</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Melosira varians</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula antonii</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula capitatoradiata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula cryptocephala</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula cryptotenella</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula lanceolata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula pseudolanceolata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Navicula radiosa</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia fonticola</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia frustulum</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia fruticosa</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Nitzschia gracilis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia intermedia</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia liebetruthii</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia linearis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia palea</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia paleacea</i>	TIB	MP

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojta	FG Rijeke*	FG Jezera**
Bacillariophyta	<i>Nitzschia perminuta</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia recta</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Pantocsekiella ocellata</i>	B	B
Bacillariophyta	<i>Pennales</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Pinnularia microstauron</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Pinnularia</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Placoneis clementis</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Placoneis placentula</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia eriensis</i>	A	A
Bacillariophyta	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Sellaphora pupula</i>	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Sellaphora</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Skeletonema potamos</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>tenuis</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Stephanodiscus parvus</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Stephanodiscus</i> sp.	D	D
Bacillariophyta	<i>Surirella</i> sp.	TIB	MP
Bacillariophyta	<i>Tabellaria fenestrata</i>	N	N
Bacillariophyta	<i>Tabellaria flocculosa</i>	N	N
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira visurgis</i>	D	D
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira weissflogii</i>	D	D
Ochrophyta	<i>Bitrichia chodatii</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Centrtractus belonophorus</i>	X1	X1
Ochrophyta	<i>Centrtractus</i> sp.	X1	X1
Ochrophyta	<i>Characiopsis</i> sp.	X1	X1
Ochrophyta	<i>Chromulina magnifica</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Chromulina</i> sp.	X2	X2
Ochrophyta	<i>Chrysamoeba</i> sp.	X2	X2
Ochrophyta	<i>Chrysidiastrum catenatum</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Chrysococcus rufescens</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Chrysococcus</i> sp.	X3	X3
Ochrophyta	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Chrysophyta</i> sp.	X3	X3
Ochrophyta	<i>Dinobryon bavaricum</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon crenulatum</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon divergens</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon korschikovii</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon petiolatum</i>	E	E

Tablica 8.1. Nastavak

Skupina	Svojtá	FG Rijeke*	FG Jezera**
Ochrophyta	<i>Dinobryon sertularia</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon sociale</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon sp.</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Dinobryon suecicum</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Epipyxis sp.</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Goniochloris mutica</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Goniochloris sculpta</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Goniochloris smithii</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Kephyrion littorale</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Kephyrion rubriclaustri</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Mallomonas akrokomos</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Mallomonas sp.</i>	E	E
Ochrophyta	<i>Ochromonas sp.</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Ophiocytium capitatum</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Ophiocytium sp.</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Pseudokephyrion entzii</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Spiniferomonas sp.</i>	X3	X3
Ochrophyta	<i>Spumella sp.</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Tetraëdriella polytricha</i>	X1	X1
Ochrophyta	<i>Tetraëdriella regularis</i>	X1	X1
Ochrophyta	<i>Tetraëdriella sp.</i>	X1	X1
Ochrophyta	<i>Tetraplektron torsum</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Trachydiscus lenticularis</i>	X2	X2
Ochrophyta	<i>Uroglena sp.</i>	U	U

* FG Rijeke - Kodoni funkcionalnih grupe fitoplanktona koji se primjenjuju kod ocjene ekološkog potencijala biotičkog tipa akumulacija s kratkim vremenom zadržavanja vode

** FG Jezera - Kodoni funkcionalnih grupe fitoplanktona koji se primjenjuju kod ocjene ekološkog potencijala slijedećih biotičkih tipova: vrlo plitke umjetne stajačice, plitke umjetne stajačice, duboke umjetne stajačice

Kodoni funkcionalnih grupa preuzeti su iz Reynolds i sur. (2002), Borics i sur. (2006) i Padisák i sur. (2009).

8.2. Biološki element kakvoće fitobentos

Tablica 8.2. Operativna lista svojti za biološki element kakvoće fitobentos.

Svojta	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	ADEU			3	1	0	0	0	0	0	0	0,00020	0,00010	0,04620	0,31342	0,37222	0,26515	0,00272	0,92047
<i>Achnanthydium exiguum</i>	ADEG			3	2	0	0	0	0	1,3	3	0,00001	0,07126	0,30533	0,45400	0,09010	0,07542	0,00388	0,93619
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	ADMI	4	2	5	1	1,7	1	1,2	1	0,5	3	0,00019	0,00111	0,01334	0,06801	0,20781	0,38313	0,32641	0,90635
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	ADPY			5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,00417	0,01883	0,04608	0,05322	0,87770	1,47877
<i>Amphipleura pellucida</i>	APEL	4	1	5	3	1,3	3	2,1	2	1	5	0,00001	0,00060	0,00416	0,10792	0,19364	0,22649	0,46719	0,93701
<i>Amphora copulata</i>	ACOP			4	2	1,6	2	3,5	5	1,5	3	0,00078	0,00441	0,03557	0,24910	0,58591	0,12264	0,00159	1,09352
<i>Amphora inariensis</i>	AINA			5	1	1,2	4	2,1	1	0,3	3	0,00006	0,00008	0,00991	0,07146	0,42761	0,43814	0,05274	1,03852
<i>Amphora montana</i>	AMMO			2,8	1	1,6	2	2,9	2	1,2	5	0,08522	0,19670	0,26952	0,22829	0,18967	0,03021	0,00038	0,69948
<i>Amphora ovalis</i>	AOVA	3	2	3	1	1,5	2	3,3	2	1,5	3	0,00007	0,00198	0,02900	0,23014	0,63696	0,10117	0,00068	1,15650
<i>Amphora pediculus</i>	APED	3	3	4	1	2,1	2	2,8	2	1,2	1	0,00018	0,00149	0,02088	0,15109	0,52839	0,28932	0,00865	1,04356
<i>Amphora thumensis</i>	ATHU			5	2	1,1	4	1,4	3	0,5	3								
<i>Amphora veneta</i>	AVEN	1	3	1	2	3,6	3	3,8	2	3,5	3	0,19526	0,33128	0,22628	0,20304	0,04179	0,00235	0,00001	0,78663
<i>Aneumastus stroesei</i>	ANSS			5	2	1,3	4	1,8	2	0	0								
<i>Aulacoseira ambigua</i>	AAMB	4	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0,00774	0,02737	0,12454	0,41909	0,39255	0,02814	0,00058	0,98350
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGR	2	2	2,9	1	0	0	0	0	2	1	0,02446	0,05031	0,16062	0,56411	0,19057	0,00983	0,00010	1,03964
<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	AMUZ	3	2	3,8	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00281	0,09064	0,51689	0,35903	0,02829	0,00233	1,07059
<i>Brachysira neoexilis</i>	BNEO			5	1	1,1	5	1,2	2	0	0	0,00001	0,00018	0,00002	0,00023	0,00420	0,02691	0,96847	1,61787
<i>Brachysira vitrea</i>	BVIT			5	2	1	5	0,7	2	0,3	3	0,00376	0,00155	0,00001	0,00300	0,00639	0,26841	0,71691	1,29186
<i>Caloneis aerophila</i>	CAER			0	0	1	5	0	0	0	0								
<i>Caloneis lancettula</i>	CLCT			5	1	0	0	0	0	0	0								
<i>Caloneis silicula</i>	CSIL			5	3	1,2	4	2,5	0	1	5	0,00001	0,01187	0,05577	0,29383	0,44523	0,17896	0,01434	0,93928
<i>Cocconeis euglyptoides</i>	CEUO			0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Cocconeis neodiminuta</i>	CNDI			5	1	0	0	0	0	0,2	5	0,01300	0,00001	0,00693	0,08371	0,50703	0,31626	0,07308	1,01893
<i>Cocconeis pediculus</i>	CPED	4	1	4	2	2	3	2,6	2	2	1	0,00055	0,00382	0,07191	0,23784	0,48320	0,19106	0,01161	0,95919

Tablica 8.2. Nastavak

Svojtá	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	CPLE			3,6	1	0	0	2,3	2	1	1	0,00012	0,00309	0,05664	0,28890	0,47590	0,15391	0,02144	0,96813
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	CPLI			4	1	0	0	2,3	2	1	1	0,00009	0,00207	0,02067	0,12459	0,34293	0,44843	0,06123	0,96989
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	CPLA	2	2	4	1	1,8	2	2,6	2	1	1	0,00046	0,00594	0,04484	0,18013	0,47070	0,28486	0,01308	0,96822
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	COPL			5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00010	0,00701	0,07244	0,27939	0,32370	0,31736	0,88333
<i>Craticula accommodiformis</i>	CACM			1	2	0	0	0	0	0	0								
<i>Craticula buderi</i>	CRBU			2	3	3	3	0	0	0	0								
<i>Craticula cuspidata</i>	CRCU	0	3	2,6	3	2,7	3	3,8	3	2,5	3	0,33688	0,25588	0,20890	0,14333	0,05139	0,00351	0,00010	0,79512
<i>Craticula molestiformis</i>	CMLF			2	1	3,1	2	2,9	2	3,3	3	0,02894	0,37868	0,26639	0,16381	0,13329	0,02744	0,00144	0,82713
<i>Ttenophora pulchella</i>	CTPU	4	3	3	3	2,8	4	3,5	2	0	0	0,00180	0,20210	0,34129	0,27024	0,09108	0,09113	0,00236	0,79772
<i>Cyclostephanos dubius</i>	CDUB	3	2	3	2	0	0	2,9	3	2,3	3	0,01791	0,04715	0,17145	0,46491	0,28378	0,01478	0,00003	0,95412
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	CINV			2,6	1	0	0	0	0	2,5	3	0,03257	0,14690	0,49238	0,29742	0,01917	0,01135	0,00021	0,99487
<i>Cyclotella comensis</i>	CCMS			4	3	0	0	0	0	0	0	0,00457	0,00211	0,01948	0,34795	0,33866	0,27672	0,01051	0,92684
<i>Cyclotella costei</i>	CCOS			5	1	0	0	0	0	0	0								
<i>Cyclotella distinguenda</i> var. <i>distinguenda</i>	CDTG			4	2	0	0	0	0	1,3	3	0,00457	0,01359	0,04478	0,27419	0,31964	0,21748	0,12575	0,78804
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	3	2	2	1	0	0	2,8	3	2,8	5	0,02491	0,13732	0,40160	0,23845	0,18243	0,01507	0,00022	0,84884
<i>Cyclotella ocellata</i>	COCE	4	2	3	1	0	0	1,5	1	0,7	3	0,00424	0,01503	0,03990	0,29520	0,54060	0,10486	0,00018	1,05223
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	CPST	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0,00215	0,01123	0,05348	0,31949	0,51455	0,09722	0,00190	1,03332
<i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>elliptica</i>	CELL			5	2	1,4	3	2,9	3	1,5	3	0,00001	0,00227	0,01798	0,13881	0,62029	0,21940	0,00125	1,13446
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>solea</i>	CSOL			4	2	2,1	3	3,1	3	2,2	5	0,00414	0,01638	0,08471	0,31965	0,51993	0,05466	0,00053	1,03874
<i>Cymbella affiniformis</i>	CAFM			4	2	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,94511	0,05489	1,58315
<i>Cymbella aspera</i>	CASP			4	3	0	0	1,7	1	0,5	3	0,00001	0,00001	0,00360	0,10167	0,55844	0,30409	0,03221	1,08535
<i>Cymbella cistula</i>	CCIS	4	2	4	3	1,4	3	2,3	1	1,3	3	0,04491	0,06234	0,22726	0,23713	0,27648	0,14573	0,00615	0,71035
<i>Cymbella cymbiformis</i>	CCYM			4	3	1	5	1,8	3	0,8	5	0,00001	0,00001	0,02035	0,03601	0,05533	0,70926	0,17904	1,24053
<i>Cymbella excisa</i> var. <i>excisa</i>	CAEX			4	2	0	0	0	0	1	5	0,00001	0,00292	0,00272	0,04961	0,22177	0,60427	0,11870	1,10600
<i>Cymbella helvetica</i>	CHEL	5	1	5	3	1,1	4	1,4	2	0,2	5	0,00008	0,00014	0,00187	0,03435	0,18065	0,43156	0,34235	0,97347
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	CLAN			4	2	1,6	4	0	0	1,3	3	0,00001	0,00014	0,00468	0,13273	0,61858	0,22032	0,02356	1,13041

Tablica 8.2. Nastavak

Svojeta	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Cymbella subhelvetica</i>	CSBH			5	3	0	0	0	0	0	0								
<i>Cymbella subleptoceros</i>	CSLP			5	2	1,3	4	1,3	0	0	0								
<i>Cymbella tumida</i>	CTUM			3	3	1,6	4	2,5	2	2	5	0,00061	0,00483	0,06059	0,42783	0,38336	0,11480	0,00798	0,98366
<i>Cymbella turgidula</i> var. <i>turgidula</i>	CTGL			4	2	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00274	0,08637	0,26159	0,55174	0,09746	0,00009	1,04875
<i>Cymbopleura amphicephala</i>	CBAM			4	1	1,1	4	1,1	3	0,7	3	0,00001	0,00386	0,00001	0,04438	0,06380	0,69611	0,19186	1,22619
<i>Cymbopleura frequens</i> var. <i>frequens</i>	CBFQ			0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Cymbopleura hercynica</i>	CHCN			0	0	0	0	0,9	2	0	0								
<i>Cymbopleura inaequalis</i>	CIQL			0	0	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00547	0,01261	0,44050	0,49434	0,04407	0,00302	1,11885
<i>Denticula kuetzingii</i> var. <i>kuetzingii</i>	DKUE			4	2	1	5	1	2	0,8	5	0,00001	0,00930	0,01563	0,02837	0,01577	0,58999	0,34095	1,15139
<i>Denticula tenuis</i>	DTEN			5	3	1,3	4	1,4	3	0,3	3	0,00021	0,00027	0,00454	0,02065	0,02597	0,16890	0,77947	1,34569
<i>Diatoma vulgare</i>	DVUL			4	1	2,1	4	2	0	1,8	1	0,00010	0,00225	0,02405	0,15095	0,47656	0,33307	0,01302	1,00660
<i>Diploneis modica</i>	DMOD			4	2	0	0	0	0	0	0								
<i>Diploneis oblongella</i>	DOBL			4	2	1	5	1	2	0,7	3	0,00043	0,00053	0,00390	0,04127	0,58468	0,34049	0,02870	1,14453
<i>Discostella stelligera</i>	DSTE			4,2	1	0	0	0	0	1,3	3	0,00006	0,00876	0,07713	0,29698	0,40982	0,18072	0,02653	0,89579
<i>Encyonema caespitosum</i>	ECAE	4	1	4	2	1,6	2	2,1	0	2	1	0,00001	0,00076	0,00805	0,15121	0,43353	0,35934	0,04712	0,97610
<i>Encyonema minutum</i>	ENMI	3	1	4,8	2	1,6	2	2	1	1	1	0,00037	0,00331	0,04577	0,14642	0,29546	0,31257	0,19610	0,79779
<i>Encyonema prostratum</i>	EPRO			4	3	1,8	3	2,3	1	1,5	3	0,00001	0,00037	0,00996	0,17923	0,59864	0,20449	0,00731	1,10810
<i>Encyonema siloesiacum</i>	ESLE	4	1	5	2	2	0	2	0	1,8	1	0,00022	0,00091	0,01944	0,05991	0,15508	0,31979	0,44465	0,95273
<i>Encyonopsis cesatii</i>	ECES			5	2	1	5	0,6	4	0,1	5	0,00001	0,00001	0,00001	0,00493	0,01382	0,18856	0,79269	1,37288
<i>Encyonopsis krammeri</i>	ECKR			5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00004	0,00005	0,99982	1,66620
<i>Encyonopsis microcephala</i>	ENCM	4	1	4	2	1,2	4	1,2	1	1	1	0,00015	0,00026	0,00068	0,01025	0,10644	0,57607	0,30615	1,11417
<i>Encyonopsis minuta</i>	ECPM			5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00005	0,00705	0,99289	1,65543
<i>Encyonopsis subminuta</i>	ESUM			5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00266	0,00001	0,00001	0,00001	0,00835	0,98899	1,64937
<i>Epithemia adnata</i>	EADN	3	2	4	3	1,2	4	2,2	2	0,7	3	0,00001	0,04705	0,09280	0,16615	0,17308	0,18872	0,33219	0,71813
<i>Epithemia sores</i>	ESOR	3	1	4	2	1,4	3	2,7	2	0	0	0,01287	0,03573	0,24700	0,39039	0,25743	0,05330	0,00329	0,87406
<i>Eucoconeis laevis</i>	EULA			5	2	1,3	3	1,2	2	0,5	3	0,00368	0,00001	0,00016	0,00034	0,00001	0,04628	0,94954	1,58939
<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>bilunaris</i>	EBIL	3	2	5	2	1,7	2	0,7	0	0,5	3	0,00014	0,00273	0,00978	0,03678	0,04270	0,20637	0,70150	1,23834

Tablica 8.2. Nastavak

Svojtá	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Eunotia implicata</i>	EIMP			5	2	1	5	0,6	2	0	0	0,00001	0,00032	0,00012	0,00520	0,00551	0,11670	0,87214	1,47752
<i>Eunotia soleirolii</i>	ESOL			5	3	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,13071	0,13843	0,16621	0,40220	0,16245	0,80889
<i>Fallacia monoculata</i>	FMOC			3	2	2,2	4	2,9	2	0	0	0,03455	0,13351	0,15434	0,37873	0,19413	0,10464	0,00010	0,76999
<i>Fallacia pygmaea</i>	FPYG	5	3	2	3	2,6	3	3,7	5	3	5	0,08713	0,54855	0,21089	0,07514	0,06884	0,00936	0,00009	1,00946
<i>Fallacia subhamulata</i>	FSBH			5	2	1,9	3	2,5	1	1,5	3	0,00001	0,00020	0,00616	0,06888	0,62491	0,29719	0,00266	1,17378
<i>Fragilaria brevistriata</i>	FBRE			3	1	1,3	4	3	1	1,8	1	0,00145	0,00406	0,02726	0,28249	0,48124	0,20130	0,00219	0,99276
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>austriaca</i>	FCAU			5	1	1	5	0,5	4	0,3	3	0,00001	0,00001	0,00001	0,00029	0,00020	0,00676	0,99275	1,65521
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	FCAP	4	1	4,5	1	0	0	1,8	2	1	5	0,00175	0,00390	0,05059	0,14458	0,26831	0,30108	0,22979	0,77942
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>perminuta</i>	FCPE			4	1	1,5	3	2,1	4	0	0	0,00001	0,00001	0,00592	0,01047	0,04023	0,66568	0,27770	1,21987
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>radians</i>	FCRA			4	1	0	0	2	2	0	0								
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>rumpens</i>	FCRU	3	2	4	1	1,6	3	1	2	1,2	1	0,00001	0,00012	0,00117	0,00589	0,04774	0,21903	0,72605	1,28249
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i>	FCBI			4	1	0	0	2,3	2	0,8	1	0,00014	0,00100	0,04266	0,28810	0,38576	0,27920	0,00315	0,92464
<i>Fragilaria crotonensis</i>	FCRO			4	1	1,4	3	0	0	1,3	3	0,00005	0,00376	0,02604	0,28479	0,37484	0,29765	0,01287	0,92371
<i>Fragilaria delicatissima</i>	FDEL			4	1	1	5	1,4	2	1,2	1	0,00476	0,00894	0,10116	0,65848	0,13819	0,05354	0,03492	1,15316
<i>Fragilaria elliptica</i>	FELL			3	1	1,4	3	0	0	0	0	0,00039	0,02870	0,59534	0,24034	0,12567	0,00867	0,00089	1,10330
<i>Fragilaria nanana</i>	FNAN	4	1	5	2	1,1	4	1,2	2	0	0	0,00125	0,02888	0,06988	0,19505	0,33588	0,27144	0,09762	0,78142
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	FPAR			4	1	2,2	3	2,3	3	2	1	0,00221	0,00215	0,01594	0,11981	0,74426	0,11537	0,00025	1,28730
<i>Fragilaria tenera</i>	FTEN	4	1	4	2	1	5	1	2	0,3	3	0,00598	0,03855	0,11751	0,30265	0,29389	0,14359	0,09783	0,74198
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	FUAC	3	2	4	1	0	0	1,8	2	1,3	3	0,00958	0,03862	0,20584	0,35476	0,29592	0,08512	0,01017	0,83580
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>danica</i>	FUDA			4	1	0	0	0	0	1,5	3	0,00001	0,00001	0,00721	0,31821	0,39082	0,27858	0,00519	0,95887
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	FVAU			3,4	1	2,5	2	0	0	1,8	1	0,00259	0,01347	0,08489	0,20079	0,33350	0,28030	0,08446	0,79249
<i>Frustulia vulgaris</i>	FVUL			4	3	2	3	2	2	1,5	3	0,00261	0,01899	0,10140	0,17924	0,40243	0,26751	0,02783	0,86063
<i>Gomphonema acuminatum</i>	GACU	4	2	4	2	1,5	2	2,5	2	1,5	3	0,01345	0,00026	0,06532	0,09601	0,39380	0,27724	0,15393	0,84515
<i>Gomphonema affine</i>	GAFF			4	3	0	0	1,8	3	0,8	5	0,00357	0,11135	0,23253	0,24521	0,33026	0,05316	0,02392	0,77978
<i>Gomphonema angustum</i>	GANT	5	2	5	1	1,6	3	1	3	0,5	3	0,00043	0,01750	0,01283	0,21537	0,35406	0,34543	0,05438	0,89386
<i>Gomphonema augur</i>	GAUG			3	3	2,1	3	3,1	1	2	5	0,00848	0,05479	0,09611	0,42246	0,38697	0,03119	0,00001	0,97494

Tablica 8.2. Nastavak

Svojeta	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Gomphonema brebissonii</i>	GBRE			4,5	3	0	0	0	0	1,5	3								
<i>Gomphonema gracile</i>	GGRA	2	3	4,2	1	1,2	4	0	0	1	1	0,00786	0,06753	0,09915	0,11350	0,17463	0,18886	0,34847	0,71967
<i>Gomphonema italicum</i>	GITA			5	3	0	0	0	0	0	0								
<i>Gomphonema occultum</i>	GOCU			5	1	1	5	0,6	2	0	0	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	1,00000	1,66646
<i>Gomphonema olivaceum</i> var.	GOLI	4	2	4,6	1	2,1	4	2,9	1	1	5	0,00054	0,00829	0,05478	0,11366	0,24318	0,42602	0,15352	0,86675
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum f. parvulum</i>	GPAR			2	1	3,2	2	3,6	2	2,2	1	0,18105	0,28056	0,22347	0,18127	0,06447	0,06345	0,00574	0,68476
<i>Gomphonema pumilum</i>	GPUM			5	1	1,6	3	1,1	1	0,8	1	0,00001	0,00188	0,00728	0,03128	0,09177	0,18862	0,67916	1,20130
<i>Gomphonema tergestinum</i>	GTER	4	2	4	3	1,9	4	1,4	1	1,3	3	0,00001	0,00121	0,00433	0,02141	0,11526	0,48957	0,36822	1,04761
<i>Gomphonema truncatum</i>	GTRU	3	2	4	1	1,5	2	1,9	1	1,5	3	0,00309	0,02390	0,13089	0,33653	0,32374	0,16339	0,01847	0,83183
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	GYAC			4	3	1,9	3	3,7	3	1,8	5	0,00055	0,01347	0,05371	0,40824	0,44914	0,07468	0,00021	1,02998
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	GYAT			4	3	0	0	2,6	3	1,8	5	0,00001	0,00003	0,00517	0,11636	0,69926	0,17868	0,00050	1,23431
<i>Hippodonta capitata</i>	HCAP	2	3	4	1	2,7	3	3,4	3	1,7	3	0,00392	0,02229	0,13581	0,41090	0,36426	0,06174	0,00108	0,94650
<i>Karayevia clevei</i>	KCLE			4	2	1,6	3	2,1	0	1,3	3	0,00001	0,00048	0,03719	0,29130	0,62246	0,04803	0,00054	1,16432
<i>Lemnicola hungarica</i>	LHUN	2	2	2	3	2,7	3	3,4	2	3	5	0,23732	0,32221	0,26065	0,14338	0,02984	0,00659	0,00002	0,80350
<i>Mastogloia baltica</i>	MBAL			0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Mastogloia lacustris</i>	MLAC			5	2	0	0	0	0	1,5	3								
<i>Mastogloia smithii</i>	MSMI			2,6	3	0	0	0	0	3	5								
<i>Mayamaea atomus</i>	MAAT	3	2	2,2	1	3,4	2	2,8	3	3,5	3	0,03552	0,20347	0,35237	0,31237	0,08471	0,01082	0,00073	0,84999
<i>Navicula antonii</i>	NANT			4	1	2,2	2	0	0	2,3	3	0,00004	0,00109	0,02449	0,20186	0,55494	0,21072	0,00686	1,05444
<i>Navicula bryophila</i>	NBRY			5	2	1,1	4	1,3	2	0,2	5	0,00060	0,00001	0,00011	0,00051	0,00788	0,03993	0,95097	1,59122
<i>Navicula capitatoradiata</i>	NCPR	4	1	3	2	2,3	3	3,3	4	2,5	3	0,00037	0,00734	0,06582	0,35023	0,47830	0,09515	0,00278	1,01166
<i>Navicula caterva</i>	NCTV			3	1	0	0	0	0	0	0	0,00121	0,00112	0,04913	0,61356	0,28871	0,04536	0,00091	1,14957
<i>Navicula cincta</i>	NCIN	1	3	3	1	2,6	2	3,4	2	2,7	3	0,01967	0,06937	0,26918	0,33292	0,26184	0,04693	0,00008	0,82440
<i>Navicula cryptocephala</i>	NCRY	1	3	3,5	2	2,5	2	3,5	4	2,3	3	0,00567	0,05246	0,10822	0,31054	0,37773	0,12612	0,01926	0,84634
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCTE	2	3	4	1	1,5	2	2,3	1	1,2	1	0,00024	0,00301	0,02392	0,14751	0,47378	0,33582	0,01572	1,00390

Tablica 8.2. Nastavak

Svojtja	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Navicula decussis</i>	NDEC			4,8	2	1,7	3	1,2	1	1,3	3	0,00001	0,00099	0,04325	0,24916	0,40555	0,28368	0,01738	0,92042
<i>Navicula exilis</i>	NEXI			4,8	2	1,1	4	2	1	2,3	3	0,00114	0,00715	0,04703	0,13835	0,30254	0,39929	0,10449	0,87274
<i>Navicula germainii</i>	NGER			3	2	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00633	0,19863	0,50441	0,26574	0,02378	0,00110	1,01201
<i>Navicula gottlandica</i>	NGOT			5	2	1	5	1,5	2	2,3	3								
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	3	2	3,4	1	2,5	2	3,5	4	3	5	0,00552	0,03101	0,13081	0,41140	0,29661	0,12095	0,00370	0,88544
<i>Navicula pseudoanglica</i>	NAPG			0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Navicula radiosa</i>	NRAD	3	1	5	2	1,3	4	0,6	3	0,7	3	0,01123	0,00246	0,02387	0,20556	0,39006	0,32374	0,04308	0,90715
<i>Navicula recens</i>	NRCS			2,8	2	2,4	3	2,9	2	2,5	3	0,00197	0,04485	0,43194	0,37156	0,13425	0,01531	0,00012	0,98041
<i>Navicula reichardtiana</i>	NRCF	3	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0,84623	0,11048	0,02177	0,01822	0,00319	0,00010	0,00001	1,43582
<i>Navicula rostellata</i>	NROS			3	3	0	0	0	0	0	0	0,00020	0,01389	0,22426	0,50953	0,23351	0,01781	0,00080	1,01177
<i>Navicula subalpina</i>	NSBN			0	0	1	5	1,4	2	0	0								
<i>Navicula subminuscula</i>	NSBM			2	1	3,4	2	3,5	4	3,5	3	0,14256	0,30212	0,34364	0,15493	0,03338	0,02327	0,00012	0,81606
<i>Navicula tripunctata</i>	NTPT	1	2	4,4	2	2	3	3,1	3	0,8	1	0,00011	0,00154	0,01695	0,11764	0,49716	0,35842	0,00818	1,04877
<i>Navicula trivialis</i> var. <i>trivialis</i>	NTRV			2	3	2,7	3	3,3	1	3	5	0,07631	0,30169	0,24252	0,19543	0,16448	0,01944	0,00013	0,73634
<i>Navicula trophicatrx</i>	NTCX			3,5	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,02258	0,10541	0,29530	0,52620	0,05051	1,03181
<i>Navicula veneta</i>	NVEN	3	2	1	2	3,3	2	3,5	5	3,5	3	0,28676	0,37532	0,18729	0,09038	0,05446	0,00574	0,00005	0,84524
<i>Navicula viridula</i>	NVIR			3	3	2,2	4	3,5	4	2,2	5	0,00031	0,00395	0,07265	0,30835	0,57024	0,04426	0,00024	1,10144
<i>Nitzschia acicularis</i>	NACI	3	1	2	2	2,5	2	3,6	5	3	5	0,00914	0,08343	0,40357	0,31065	0,17515	0,01693	0,00113	0,89918
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>amphibia</i>	NAMP	3	2	2	2	2,5	2	3,8	5	2,5	3	0,01473	0,19579	0,35151	0,25308	0,16640	0,01841	0,00008	0,81357
<i>Nitzschia angustata</i>	NIAN			3,8	3	1,3	4	1,9	1	1,5	3	0,00038	0,00141	0,01538	0,21114	0,62367	0,14103	0,00699	1,13604
<i>Nitzschia angustatula</i>	NZAG			4	1	1,9	4	2,6	2	0	0	0,00163	0,00106	0,01300	0,21553	0,61889	0,14744	0,00245	1,13303
<i>Nitzschia clausii</i>	NCLA	1	3	2,8	3	2,9	4	3,9	2	3	5	0,00309	0,50579	0,37902	0,06648	0,04143	0,00199	0,00219	1,07133
<i>Nitzschia dealpina</i>	NDLP			0	0	1,1	4	2,3	2	0	0								
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i>	NDIS			4,5	3	2	3	2,4	2	2	1	0,00010	0,00116	0,01814	0,13429	0,47565	0,34640	0,02425	1,01213
<i>Nitzschia fonticola</i>	NFON	4	1	3,5	1	2,1	4	1,9	0	1,5	3	0,00049	0,01133	0,08096	0,31544	0,34383	0,20097	0,04698	0,84048
<i>Nitzschia frustulum</i>	NIFR	1	3	2	1	2,2	4	3,3	4	2,8	1	0,18854	0,35794	0,30657	0,10528	0,03209	0,00957	0,00001	0,84629

Tablica 8.2. Nastavak

Svojtá	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Nitzschia graciliformis</i>	NIGF			2	1	1,6	2	3,4	1	0	0	0,02508	0,13148	0,46250	0,20245	0,16518	0,01309	0,00022	0,90443
<i>Nitzschia gracilis</i>	NIGR	3	2	3	2	1,3	4	2,5	2	1,7	3	0,03323	0,07159	0,36364	0,30874	0,17913	0,04249	0,00118	0,84186
<i>Nitzschia inconspicua</i>	NINC	1	3	2,8	1	2,2	4	3,1	1	2,5	3	0,00098	0,01352	0,17736	0,60913	0,18230	0,01571	0,00099	1,11303
<i>Nitzschia intermedia</i>	NINT			1	3	0	0	2,9	2	2,7	3	0,02326	0,16447	0,28855	0,31918	0,18439	0,01980	0,00036	0,79806
<i>Nitzschia liebetruthii</i> var. <i>liebetruthii</i>	NLBT			2	1	0	0	0	0	0	0	0,11386	0,24692	0,23911	0,22763	0,16475	0,00774	0,00001	0,70655
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>	NLIN	3	2	3	2	1,9	2	3,4	4	2,5	3	0,00153	0,05068	0,11438	0,34876	0,40543	0,07703	0,00218	0,91760
<i>Nitzschia microcephala</i>	NMIC			1	3	2,5	2	3,9	3	0	0	0,20856	0,46893	0,15111	0,11336	0,05412	0,00370	0,00023	0,90761
<i>Nitzschia palea</i>	NPAL	2	3	1	3	3,4	2	3,3	3	3	1	0,23894	0,21547	0,19526	0,19107	0,13368	0,02434	0,00124	0,66695
<i>Nitzschia recta</i>	NREC	3	2	3	2	1,5	2	3	3	2	1	0,00034	0,00443	0,03244	0,22948	0,56016	0,16484	0,00832	1,05587
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	NSIO			3	2	2,1	4	3,8	4	2,3	3	0,00070	0,00402	0,05206	0,17613	0,66289	0,10301	0,00119	1,17398
<i>Nitzschia sociabilis</i>	NSOC			3	3	2,1	4	2,8	1	2,3	3	0,00006	0,00060	0,01654	0,14405	0,65725	0,17880	0,00269	1,17545
<i>Nitzschia solita</i>	NISO			2	2	0	0	3,4	2	2,8	5	0,03286	0,05094	0,10848	0,46769	0,32997	0,00957	0,00048	0,97760
<i>Nitzschia subacicularis</i>	NSUA			3	3	2	3	2,9	0	0	0	0,00007	0,26475	0,41449	0,25688	0,04649	0,01476	0,00255	0,92232
<i>Nitzschia supralitorea</i>	NZSU	1	3	1,5	2	2,7	3	2,9	4	2,5	3	0,16028	0,42067	0,26172	0,12686	0,02144	0,00887	0,00016	0,88131
<i>Nitzschia tabellaria</i>	NTAB			5	2	0	0	0	0	0	0								
<i>Pinnularia interrupta</i>	PINT			5	2	1,2	4	0,7	2	0,5	3	0,00001	0,00001	0,00001	0,18009	0,58018	0,23973	0,00001	1,10009
<i>Placoneis anglophila</i>	PAGP			0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Placoneis clementis</i>	PCLT			5	2	1,7	4	2,5	2	1,5	3	0,00001	0,00123	0,01243	0,18911	0,36172	0,42701	0,00851	0,98720
<i>Placoneis elginensis</i>	PELG			4	2	1,5	3	2,1	2	1,2	1	0,00162	0,00451	0,02855	0,33266	0,43860	0,19157	0,00249	0,97344
<i>Planothidium dubium</i>	PTDU			4	1	0	0	0	0	0,7	3	0,00001	0,00001	0,00207	0,08147	0,35147	0,41331	0,15168	0,94601
<i>Planothidium frequentissimum</i>	PLFR	3	1	3,4	1	2,5	0	2,8	3	0,7	3	0,00674	0,04245	0,18690	0,34437	0,30939	0,10397	0,00619	0,83002
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PTLA	3	2	4,6	1	3,1	2	3,3	3	0,5	3	0,00391	0,03418	0,11119	0,20825	0,38276	0,24807	0,01165	0,83656
<i>Planothidium rostratum</i>	PRST			4,4	1	0	0	0	0	0,7	3	0,00017	0,00149	0,02649	0,26516	0,48219	0,22342	0,00108	0,99394
<i>Platessa conspicua</i>	PTCO			4	1	1,5	2	1,7	0	0	0	0,00095	0,00850	0,03608	0,18834	0,59907	0,16587	0,00119	1,09566
<i>Psammothidium hustedtii</i>	PMHU			4,8	1	0	0	0	0	0	0								
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN			4,8	1	2	2	2,1	1	1,3	3	0,00012	0,00246	0,04826	0,19992	0,28970	0,32230	0,13724	0,80211

Tablica 8.2. Nastavak

Svojta	KOD	dil_sens	dil_tol	ips_sens	ips_tol	sid_sens	sid_tol	tid_sens	tid_tol	epid_sens	epid_tol	ibd_1	ibd_2	ibd_3	ibd_4	ibd_5	ibd_6	ibd_7	ibd_8
<i>Reimeria uniseriata</i>	RUNI			5	1	0	0	0	0	1,3	3	0,00001	0,00055	0,02108	0,14683	0,42639	0,36466	0,04049	0,96995
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	4	1	4	1	2,1	4	2,9	2	1,5	3	0,00046	0,00897	0,05387	0,25168	0,48398	0,19924	0,00181	0,97292
<i>Rhopalodia gibba</i>	RGIB	4	1	5	3	1,5	3	2,7	2	1	5	0,00001	0,10697	0,15975	0,31467	0,38020	0,02734	0,01108	0,86910
<i>Sellaphora pupula</i>	SPUP			2,6	2	2,4	2	3,7	5	2,5	3	0,02325	0,12513	0,23422	0,33884	0,22766	0,04952	0,00138	0,78226
<i>Sellaphora seminulum</i>	SSEM			1,5	2	0	0	0	0	0	0	0,23129	0,41538	0,15989	0,12640	0,06014	0,00661	0,00029	0,84906
<i>Simonsenia delognei</i>	SIDE			3	2	2,2	4	2,9	2	0	0	0,00001	0,00566	0,20053	0,69951	0,09165	0,00101	0,00164	1,23833
<i>Stauroneis smithii</i>	SSMI			5	2	1,5	2	3,3	2	1,3	3	0,00525	0,00432	0,01866	0,13171	0,59715	0,23755	0,00537	1,10585
<i>Stausosira construens</i> var. <i>pumila</i>	SCPM			3,8	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,00001	0,01234	0,03889	0,94877	0,00001	0,00001	1,58777
<i>Stausosira venter</i>	SSVE			4	1	0	0	2,3	2	1	1	0,00001	0,00214	0,04723	0,25244	0,39104	0,28118	0,02597	0,90142
<i>Stausosirella pinnata</i>	SPIN			4	1	1,4	3	2,2	1	0	0	0,00001	0,00001	0,01294	0,03883	0,68805	0,21987	0,04031	1,22343
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	SHAN	4	2	1,8	1	0	0	0	0	3	5	0,02675	0,25261	0,38550	0,30382	0,02530	0,00588	0,00015	0,91496
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>tenuis</i>	SHTE			3	1	0	0	0	0	0	0	0,01925	0,04233	0,42685	0,36209	0,12757	0,02188	0,00003	0,95977
<i>Surirella minuta</i>	SUMI			3	1	2,4	3	3,8	3	1,8	1	0,00864	0,03366	0,23112	0,36910	0,28534	0,07070	0,00145	0,86106
<i>Tabellaria flocculosa</i>	TFLO			5	1	1,1	4	0,8	2	0,5	3	0,00001	0,00128	0,00161	0,01483	0,04670	0,31045	0,62513	1,18108
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	TPSN			2	2	0	0	0	0	0	0	0,01983	0,45460	0,32188	0,14461	0,05109	0,00791	0,00008	0,96310
<i>Thalassiosira visurgis</i>	TVIS			2,2	1	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,42694	0,48992	0,08314	0,00001	0,00001	0,00001	1,10373
<i>Tryblionella angustata</i>	TANG			2,3	2	1,3	4	1,9	1	0	0	0,00038	0,00141	0,01538	0,21114	0,62367	0,14103	0,00699	1,13604
<i>Ulnaria biceps</i>	UBIC			3	1	0	0	3,5	0	2	1	0,00023	0,00852	0,06178	0,19989	0,58892	0,13857	0,00209	1,07726
<i>Ulnaria capitata</i>	UCAP			3	1	0	0	2,7	0	1	5	0,03600	0,01666	0,00001	0,30243	0,46598	0,17893	0,00001	0,97605
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN			3	1	3,2	1	3,5	4	2	1	0,01513	0,08708	0,27877	0,26790	0,25932	0,08165	0,01016	0,76136

8.3. Biološki element kakvoće makrozoobentos

Uz operativnu listu svojti dane su i vrijednosti kodova (ID_ART) za taksone koji su neophodni za izračunavanje metrika pomoću računalnog programa ASTERICS 4.0.3.

Tablica 8.3. Operativna lista svojti za biološki element kakvoće makrozoobentos.

Skupina	Porodica	Svojta	ID_ART
Turbellaria	Turbellaria	<i>Turbellaria</i> Gen. sp.	8831
Polychaeta	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i> sp.	4220
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella nigricollis</i>	5158
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella octoculata</i>	5159
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella vilnensis</i>	5157
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdellidae</i> Gen. sp.	5162
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Alboglossiphonia</i> sp.	8865
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia paludosa</i>	5308
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i> Gen. sp.	7458
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	5413
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Theromyzon tessulatum</i>	7034
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	6408
Oligochaeta	Enchytraeidae	<i>Enchytraeidae</i> Gen. sp.	5101
Oligochaeta	Haplotaxidae	<i>Haplotaxis gordioides</i>	5401
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Eiseniella tetraedra</i>	5075
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Lumbriculidae</i> Gen. sp.	7490
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	5907
Oligochaeta	Naididae	<i>Arcteonais lomondi</i>	9805
Oligochaeta	Naididae	<i>Chaetogaster diaphanus</i>	4616
Oligochaeta	Naididae	<i>Dero</i> sp.	4914
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais barbata</i>	6070
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais bretscheri</i>	6071
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais christinae</i>	8853
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais communis</i>	6072
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais elinguis</i>	6073
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais pardalis</i>	6074
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais pseudobtusa</i>	6075
Oligochaeta	Naididae	<i>Nais variabilis</i>	6078
Oligochaeta	Naididae	<i>Ophidonais serpentina</i>	6195
Oligochaeta	Naididae	<i>Pristina aequiseta</i>	6551
Oligochaeta	Naididae	<i>Pristina rosea</i>	7993
Oligochaeta	Naididae	<i>Stylaria lacustris</i>	6934
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Aulodrilus limnobius</i>	4376
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Aulodrilus pluriseta</i>	4377
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	4494
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	5862

Tablica 8.3. Nastavak

Skupina	Porodica	Svojta	ID_ART
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	5863
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	5867
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Peloscolex velutina</i>	6890
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Potamothrix bavaricus</i>	6529
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Potamothrix bedoti</i>	6530
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Potamothrix hammoniensis</i>	6531
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Potamothrix</i> sp.	6534
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Psammoryctides albicola</i>	6620
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Psammoryctides barbatus</i>	6621
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Psammoryctides moravicus</i>	7493
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Tubifex ignotus</i>	7114
Crustacea	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	8691
Crustacea	Gammaridae	<i>Dikerogammarus vilosus</i>	7517
Crustacea	Gammaridae	<i>Gammarus roeselii</i>	5292
Crustacea	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i>	5288
Crustacea	Crangonyctoidea	<i>Synurella ambulans</i>	6960
Coleoptera	Chrysomelidae	Chrysomelidae Gen. sp. Ad.	11141
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops viennensis</i> Ad.	11617
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Bidessus minutissimus</i> Ad.	11811
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Cybister lateralimarginalis</i> Ad.	11770
Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscidae Gen. sp. Lv.	5024
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus hyalinus</i> Ad.	12051
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus</i> sp. Lv.	5706
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Platambus maculatus</i> Ad.	11746
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Rhantus exsoletus</i> Ad.	11753
Coleoptera	Elmidae	<i>Oulimnius</i> sp. Lv.	6260
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp. Lv.	5396
Coleoptera	Haliplidae	<i>Peltodytes</i> sp. Lv.	9141
Coleoptera	Hydraenidae	<i>Ochthebius</i> sp. Ad.	8576
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Helochares</i> sp. Lv.	5416
Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae Gen. sp. Lv.	5547
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Laccobius</i> sp. Lv.	5701
Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesmyia monilis</i>	8357
Diptera	Chironomidae	Chironomini Gen. sp.	4644
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus acutiventris</i>	4645
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus luridus</i>	10358
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i>	4656
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	4663
Diptera	Chironomidae	<i>Cladopelma</i> sp.	4685
Diptera	Chironomidae	<i>Cladopelma viridulum</i> Gr.	4687
Diptera	Chironomidae	<i>Cladotanytarsus</i> sp.	4693
Diptera	Chironomidae	<i>Clinotanypus</i> sp.	8926

Tablica 8.3. Nastavak

Skupina	Porodica	Svojta	ID_ART
Diptera	Chironomidae	<i>Cryptochironomus obreptans</i>	4827
Diptera	Chironomidae	<i>Cryptochironomus</i> sp.	4831
Diptera	Chironomidae	<i>Cryptotendipes</i> sp.	7204
Diptera	Chironomidae	<i>Demicryptochironomus</i> sp.	8957
Diptera	Chironomidae	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	4958
Diptera	Chironomidae	<i>Einfeldia</i> sp.	5069
Diptera	Chironomidae	<i>Endochironomus albipennis</i>	5103
Diptera	Chironomidae	<i>Endochironomus dispar</i>	8054
Diptera	Chironomidae	<i>Endochironomus lepidus</i>	8056
Diptera	Chironomidae	<i>Endochironomus tendens</i>	5106
Diptera	Chironomidae	<i>Fleuria lacustris</i>	10918
Diptera	Chironomidae	<i>Glyptotendipes barbipes</i>	7759
Diptera	Chironomidae	<i>Glyptotendipes pallens</i>	5321
Diptera	Chironomidae	<i>Harnischia</i> sp.	5404
Diptera	Chironomidae	<i>Kiefferulus tendipediformis</i>	5682
Diptera	Chironomidae	<i>Microchironomus tener</i>	5989
Diptera	Chironomidae	<i>Micropsectra</i> sp.	6020
Diptera	Chironomidae	<i>Microtendipes pedellus</i> agg.	6032
Diptera	Chironomidae	<i>Monodiamesa</i> sp.	6054
Diptera	Chironomidae	<i>Nilothauma brayi</i>	8172
Diptera	Chironomidae	<i>Orthocladiinae</i> Gen. sp.	6208
Diptera	Chironomidae	<i>Parachironomus</i> sp.	6285
Diptera	Chironomidae	<i>Paratanytarsus</i> sp.	6336
Diptera	Chironomidae	<i>Paratendipes</i> sp.	6341
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum arundinetum</i>	8077
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum bicrenatum</i>	6474
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum cultellatum/uncinatum</i> agg.	6488
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum nubeculosum</i>	6492
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum nubens</i>	10947
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum scalaenum</i>	6498
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum sordens</i>	6500
Diptera	Chironomidae	<i>Potthastia longimana</i>	7969
Diptera	Chironomidae	<i>Procladius choreus</i>	6566
Diptera	Chironomidae	<i>Prodiamesa olivacea</i>	6583
Diptera	Chironomidae	<i>Pseudochironomus</i> sp.	9170
Diptera	Chironomidae	<i>Stempellina</i> sp.	9198
Diptera	Chironomidae	<i>Stictochironomus</i> sp.	6924
Diptera	Chironomidae	<i>Tanypodinae</i> Gen. sp.	6972
Diptera	Chironomidae	<i>Tanypus punctipennis</i>	6974
Diptera	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i> Gen. sp.	6977
Diptera	Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	7009
Diptera	Chironomidae	<i>Zavrelia</i> sp.	9235

Tablica 8.3. Nastavak

Skupina	Porodica	Svojta	ID_ART
Diptera	Chironomidae	<i>Zavreliella marmorata</i>	7599
Diptera	Culicidae	<i>Culicidae</i> Gen. sp.	7726
Diptera	Dixidae	<i>Dixidae</i> Gen. sp.	4990
Diptera	Dolichopodidae	<i>Dolichopodidae</i> Gen. sp.	8427
Diptera	Empididae	<i>Empididae</i> Gen. sp.	5097
Diptera	Ephydriidae	<i>Ephydriidae</i> Gen. sp.	9599
Diptera	Muscidae	<i>Musciidae</i> Gen. sp.	8659
Diptera	Psychodidae	<i>Psychodidae</i> Gen. sp.	8753
Diptera	Scatophagidae	<i>Scatophagidae</i> Gen. sp.	9601
Diptera	Sciomyzidae	<i>Sciomyzidae</i> Gen. sp.	9600
Diptera	Simuliidae	<i>Simuliidae</i> Gen. sp.	6842
Diptera	Syrphidae	<i>Syrphidae</i> Gen. sp.	9322
Diptera	Tipulidae	<i>Tipulidae</i> Gen. sp.	8487
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	4705
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon simile</i>	4708
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Procloeon bifidum</i>	6574
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis horaria</i>	4519
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis lactea</i>	4520
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	4521
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis robusta</i>	4527
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i>	5124
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera vulgata</i>	5129
Heteroptera	Heteroptera	<i>Heteroptera</i> Gen. sp.	9344
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis morio</i>	16040
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis sordida</i>	14074
Odonata	[uord:Zygoptera]	<i>Zygoptera</i> Gen. sp.	9343
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i> sp.	4226
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshnidae</i> Gen. sp.	8438
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrion puella</i>	4719
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae</i> Gen. sp.	4723
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma</i> sp.	8984
Odonata	Coenagrionidae	<i>Erythromma viridulum</i>	5165
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i>	5658
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura pumilio</i>	5659
Odonata	Corduliidae	<i>Corduliidae</i> Gen. sp.	4742
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphidae</i> Gen. sp.	8410
Odonata	Gomphidae	<i>Gomphus vulgatissimus</i>	5332
Odonata	Libellulidae	<i>Crocothemis erythraea</i>	7443
Odonata	Libellulidae	<i>Libellulidae</i> Gen. sp.	8411
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum albistylum</i>	7442
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum brunneum</i>	7441
Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum cancellatum</i>	6207

Tablica 8.3. Nastavak

Skupina	Porodica	Svojta	ID_ART
Odonata	Platycnemididae	<i>Platycnemis pennipes</i>	6438
Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	5064
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	5592
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	5616
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Orthotrichia</i> sp.	8651
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes cinereus</i>	4369
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes</i> sp.	4371
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Leptocerus tineiformis</i>	5728
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>	6062
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides longicornis</i>	6063
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides nigra</i>	6064
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides</i> sp.	6065
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis lacustris</i>	6171
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis ochracea</i>	6173
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	6174
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Halesus digitatus/tesselatus</i>	8834
Bivalvia	[Kl:bivalvia]	<i>Bivalvia</i> Gen. sp.	8706
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	11176
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	4999
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp.	6425
Gastropoda	Acroloxidae	<i>Acroloxus lacustris</i>	4205
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	4462
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	5896
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	8251
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Galba truncatula</i>	5284
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis</i>	5916
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica</i>	16959
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix</i> sp.	6673
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Stagnicola</i> sp.	9197
Gastropoda	Physidae	<i>Physella acuta</i>	6396
Gastropoda	Planorbidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	4310
Gastropoda	Planorbidae	<i>Ferrissia</i> sp.	8988
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	5354
Gastropoda	Planorbidae	<i>Planorbella</i> sp.	9152
Gastropoda	Pleuroceridae	<i>Holandriana holandrii</i>	8721
Gastropoda	Thiaridae	<i>Fagotia acicularis</i>	14267
Gastropoda	Thiaridae	<i>Fagotia esperi</i>	14268
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis piscinalis</i>	7144
Gastropoda	Viviparidae	<i>Viviparus viviparus</i>	7158

8.4. Biološki element kakvoće makrofita

Uz operativnu listu svojti dane su i indikatorske vrijednosti vrsta za ocjenu ekološkog potencijala u vrlo plitkim i plitkim akumulacijama i umjetnim stajaćicama.

Tablica 8.4. Operativna lista svojti za biološki element kakvoće makrofita.

Vrsta	vrlo plitka US*	plitka US**
<i>Agrostis stolonifera</i>	B	B
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	B	B
<i>Alisma lanceolatum</i>	B	B
<i>Arundo donax</i>	B	B
<i>Baldellia ranunculoides</i>	A	A
<i>Berula erecta</i>	B	B
<i>Bidens tripartita</i>	C	C
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	B	B
<i>Butomus umbellatus</i>	B	B
<i>Caltha palustris</i>	A	A
<i>Calliergonella cuspidata</i>	B	B
<i>Callitriche</i> sp.	A	A
<i>Carex acutiformis</i>	A	A
<i>Carex elata</i>	B	B
<i>Carex acuta</i>	A	A
<i>Carex nigra</i>	A	A
<i>Ceratophyllum demersum</i>	C	C
<i>Chara</i> spp.	A	A
<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	A	A
<i>Cinclidotus riparius</i>	A	A
<i>Cladium mariscus</i>	A	A
<i>Cratoneuron filicinum</i>	A	A
<i>Cyperus fuscus</i>	B	B
<i>Cyperus glomeratus</i>	A	A
<i>Cyperus michelianus</i>	B	B
<i>Drepanocladus aduncus</i>	B	B
<i>Eleocharis acicularis</i>	A	A
<i>Eleocharis palustris</i>	A	A
<i>Elodea canadensis</i>	C	C
<i>Equisetum fluviatile</i>	A	A
<i>Equisetum palustre</i>	B	B
<i>Eucladium verticillatum</i>	A	A
<i>Filipendula ulmaria</i>	B	B
<i>Fissidens gracilifolius</i>	A	A
<i>Fontinalis antipyretica</i>	A	A
<i>Galium palustre</i>	B	B

Tablica 8.4. Nastavak

Vrsta	vrlo plitka US*	plitka US**
<i>Glyceria maxima</i>	C	C
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	A	A
<i>Gratiola officinalis</i>	B	B
<i>Hippuris vulgaris</i>	B	B
<i>Hottonia palustris</i>	B	B
<i>Iris pseudacorus</i>	B	B
<i>Juncus articulatus</i>	A	A
<i>Juncus effusus</i>	B	B
<i>Juncus inflexus</i>	B	B
<i>Lemna minor</i>	B	B
<i>Lemna trisulca</i>	B	A
<i>Leptodictyum riparium</i>	B	A
<i>Lindernia dubia</i>	B	B
<i>Lindernia procumbens</i>	B	B
<i>Lycopus europaeus</i>	B	B
<i>Lysimachia nummularia</i>	B	B
<i>Lysimachia vulgaris</i>	B	B
<i>Lythrum salicaria</i>	B	B
<i>Mentha aquatica</i>	B	B
<i>Molinia caerulea</i>	B	B
<i>Myosotis scorpioides</i>	B	B
<i>Myriophyllum alternifolium</i>	A	A
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	B	B
<i>Myriophyllum spicatum</i>	B	B
<i>Najas marina</i>	B	B
<i>Najas minor</i>	B	B
<i>Nasturtium officinale</i>	B	B
<i>Nitella hyalina</i>	A	A
<i>Nitella syncarpa</i>	A	A
<i>Nitellopsis obtusa</i>	A	A
<i>Nuphar lutea</i>	B	B
<i>Nymphaea alba</i>	B	A
<i>Nymphoides peltata</i>	C	C
<i>Oenanthe fistulosa</i>	B	A
<i>Pellia endiviifolia</i>	A	A
<i>Persicaria amphibia</i>	B	A
<i>Persicaria lapathifolia</i>	B	B
<i>Phalaris arundinacea</i>	B	B
<i>Physcomitrium eurystomum</i>	B	B
<i>Phragmites australis</i>	B	B
<i>Physcomitrella patens</i>	B	B
<i>Polygonum mite</i>	B	B

Tablica 8.4. Nastavak

Vrsta	vrlo plitka US*	plitka US**
<i>Potamogeton × angustifolius</i>	-	-
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	C	B
<i>Potamogeton crispus</i>	C	C
<i>Potamogeton × cooperi</i>	-	-
<i>Potamogeton gramineus</i>	A	A
<i>Potamogeton lucens</i>	A	A
<i>Potamogeton natans</i>	B	A
<i>Potamogeton nodosus</i>	B	A
<i>Potamogeton pectinatus</i>	C	B
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	A	A
<i>Potamogeton trichoides</i>	C	C
<i>Pulicaria dysenterica</i>	B	B
<i>Ranunculus circinatus</i>	B	B
<i>Ranunculus fluitans</i>	A	A
<i>Ranunculus repens</i>	B	B
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	B	A
<i>Rhynchosytem riparioides</i>	A	A
<i>Riccia cavernosa</i>	B	B
<i>Riccia fluitans</i>	A	A
<i>Rorippa amphibia</i>	B	B
<i>Rorippa sylvestris</i>	B	B
<i>Samolus valerandi</i>	B	A
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	B	B
<i>Scirpoides holoschoenus</i>	B	B
<i>Senecio aquaticus</i>	B	B
<i>Sparganium erectum</i>	B	B
<i>Spirodela polyrhiza</i>	C	C
<i>Trapa natans</i>	B	A
<i>Typha angustifolia</i>	C	A
<i>Typha latifolia</i>	C	A
<i>Utricularia vulgaris</i>	A	B
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	B	B
<i>Zannichellia palustris</i>	C	C
Zelene nitaste alge (niti >50 cm s masovnom pojavnšću)	C	C

* vrlo plitka i plitka akumulacija i umjetna stajačica

Literatura

Borics G., Varbiró G., Grigorszky I., Krasznai E., Szabo S., Tihamer K.K. 2007. A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Archiv fur Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers* 17: 465–486.

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research*, 24(5), pp.417-428.

Padisák J., Crossetti L.O., Naselli-Flores L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621(1), pp.1-19.

9. OCIJENA EKOLOŠKOG STANJA STAJAĆICA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA I MAKROFITA KORISTEĆI MODUL OPĆE DEGRADACIJE ZA RIJEKE

Nakon uspostave operativne liste svojti jedan od prvih zadataka projekta bio je ocijeniti ekološko stanje svih stajaćica na temelju BEK makrozoobentos i makrofita, koristeći pokazatelje/indekse (modul opće degradacije) za rijeke prema Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće. Postavljena je hipoteza da će dobiveni rezultati znatno odstupati od dobrog ekološkog stanja, jer se sustav za tekućice bazira na reofilnim zajednicama koje su karakteristične za tekućice. U tablici 9.1 prikazane su vrijednosti OEK i pripadajuće ekološko stanje bazirano na modulu opće degradacije za relevantne tipove tekućica uz koje su vezane umjetne stajačice i akumulacije. Kao što je vidljivo vrijednosti OEK kakvoće kreću se od 0,14 do 0,68 i za većinu umjetnih stajaćica ekološko stanje je umjereno i loše. Valja napomenuti da je sustav ocjene velikih rijeka temeljem makrozoobentosu u međuvremenu unaprijeđen i testiran u odnosu na pritiske. Navedeni sustav je i uspješno interkalibriran na nivou EU te detaljno opisan u elaboratu Utvrđivanje odnosa između antropogenog opterećenja i modula opće degradacije prema makrozoobentosu u vrlo velikim rijekama (Mihaljević i sur., 2016). Prema navedenom sustavu koji tek treba biti usvojen i prihvaćen kroz Uredbu o standardu kakvoće voda i Metodologiju uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće, akumulacije na Dravi su zbog izraženog hidromorfološkog pritiska u lošem stanju. Primjerice akumulacija HE Varaždin je u lošem, odnosno vrlo lošem ekološkom stanju.

Tablica 9.1. Ocjena ekološkog stanja temeljem makrozoobentosu i modula opće degradacije (OD) za relevantne tipove tekućica uz koje su vezane umjetne stajačice i akumulacije.

Akumulacija	Modul	OEK	Ekološko stanje
Biljsko jezero 1	OD*	0,44	umjereno
Biljsko jezero 2	OD	0,40	umjereno
Borovik 1	OD	0,29	loše
Borovik 2	OD	0,34	loše
Ak. HE Čakovec 1	OD	0,52	umjereno
Ak. HE Čakovec 2	OD	0,60	dobro
Ak. HE Dubrava 1	OD	0,64	dobro
Ak. HE Dubrava 2	OD	0,68	dobro
Grabova 1	OD	0,42	umjereno
Grabova 2	OD	0,43	umjereno
Jarun 1	OD	0,53	umjereno
Jarun 2	OD	0,56	umjereno
Jarun 3	OD	0,51	umjereno
Jošava 1	OD	0,26	loše
Jošava 2	OD	0,31	loše
Lapovac II 1	OD	0,28	loše
Lapovac II 2	OD	0,25	loše

Tablica 9.1. Nastavak

Akumulacija	Modul	OEK	Ekološko stanje
Novo Čiče 1	OD*	0,63	Dobro
Novo Čiče 2	OD	0,41	umjereno
Ak. HE Varaždin 1	OD	0,51	umjereno
Ak. HE Varaždin 2	OD	0,49	umjereno
Ak. HE Varaždin 1a	OD	0,55	umjereno
Ak. HE Varaždin 2a	OD	0,52	umjereno
Pakra 1	OD	0,19	vrlo loše
Pakra 2	OD	0,14	vrlo loše
Popovac 1	OD	0,28	loše
Popovac 2	OD	0,27	loše
Rakitje 1	OD	0,56	umjereno
Rakitje 2	OD	0,61	umjereno
Sakadaš 1	OD	0,54	umjereno
Sakadaš 2	OD	0,67	dobro
Šoderica Koprivnica 1	OD	0,68	dobro
Šoderica Koprivnica 2	OD	0,61	umjereno
Šoderica Koprivnica 3	OD	0,63	umjereno

*OD - Opća degradacija

U drugom koraku na isti način ocijenjene su istraživanje akumulacije temeljem BEK makrofita. Izračunate vrijednosti OEK kreću s u granicama od 0 – 0,51. Gore spomenutom metodologijom prema makrofitima većina akumulacija je u vrlo lošem i lošem stanju (tablica 9.2.). Navedeni rezultat je i očekivan, stoga je i glavni cilj ovog projekta razviti sustav ocjene ekološkog potencijala, u kojem će se isključiti hidromorfološki pritisci jer su oni i razlog nastanka akumulacija, kako je i opisano u jednom od prethodnih poglavlja.

Tablica 9.2. Ocjena ekološkog stanja temeljem makrofita i modula opće degradacije (OD) za relevantne tipove tekućica uz koje su vezane umjetne stajačice i akumulacije.

Akumulacija	Modul	OEK	ekološko stanje
Lapovac II	OD*	0,00	vrlo loše
Jošava	OD	0,00	vrlo loše
Borovik	OD	0,01	loše
Popovac	OD	0,00	vrlo loše
Pakra	OD	0,34	loše
Šoderica Koprivnica	OD	0,48	dobro
Biljsko jezero	OD	0,17	loše
Sakadaš	OD	0,10	loše
Novo Čiče	OD	-	-

Tablica 9.2. Nastavak

Akumulacija	Modul	OEK	ekološko stanje
Rakitje	OD*	-	-
Jarun	OD	0,51	dobro
Ak. HE Čakovec	OD	0,004	loše
Ak. HE Dubrava	OD	0,01	loše
Ak. HE Varaždin	OD	0,11	loše
Grabovo jezero	OD	0,26	loše

*OD - Opća degradacija

Jedan od projektnih zadataka bio je da se u ocjenu stanja stajačica Panonske ekoregije uključe i rezultati ocjene na temelju riba koji su dobiveni u sklopu projekta: Usluge istražnog monitoringa u stajačicama i u vodama na područjima obuhvaćenima Projektom navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištima i vodama (NAPNAV). Ocjene ekološkog stanja pojedinih stajačica dane su temeljem sustava razvijenog za tekućice te su navedene prikazane u tablici 9.3.

Tablica 9.3. Ocjena ekološkog stanja temeljem riba za relevantne tipove tekućica uz koje su vezane umjetne stajačice i akumulacije.

Akumulacija	OEK	Ekološko stanje
Biljsko jezero	0,7104	dobro
Sakadaš	0,4594	umjereno
Ak. HE Dubrava	0,7257	dobro
Ak. HE Čakovec	0,7348	dobro
Ak. HE Varaždin	0,4768	umjereno

Literatura

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. Sveučilište u Zagrebu, PMF, elaborat

10. PREGLED KORIŠTENOG SETA PODATAKA O PRITISCIMA

Glavni pritisci koji su detektirani u akumulacijama i umjetnim stajaćicama Panonske ekoregije Republike Hrvatske su eutrofikacija i poribljavanje, stoga smo koristili podatke koji su pokazatelji navedenih pritisaka. Podaci o hidromorfološkom pritisku su isključeni iz razmatranja budući da je uzrok hidromorfoloških pritisaka vezan upravo za postanak (i/ili namjenu) istraživanih akumulacija i umjetnih stajaćica (brane, oscilacije vodostaja, degradirane obale i sl.). Velike dnevne i sezonske oscilacije vodostaja uslijed rada hidroelektrana imaju snažan negativan utjecaj na biološke zajednice litoralne zone. U akumulacijama gdje je hidromorfološki pritisak dominantan, te su prisutne velike dnevne i/ili sezonske oscilacije vodostaja, posljedica su „osiromašene“ zajednice makrozoobentosa, odnosno makrofita, te predlažemo u takvim slučajevima navedene biološke elemente proglasiti nerelevantnim. Podatke o sezonskim i godišnjim fluktuacijama vodostaja isporučio je Naručitelj. U navedenu svrhu korišteni su i podatci iz hidromorfološkog monitoringa istraživanih stajaćica.

Kao pokazatelji eutrofikacije korištena je baza s fizikalno-kemijskim podacima (posebice spojevi dušika i fosfora) i podacima o klorofilu *a*, koju je dostavio Naručitelj. U analizama su korištene srednje vrijednosti podataka dobivenih mjerenjem tijekom vegetacijskog perioda (travanj-rujan) u godini kada su uzorkovani BEK, a samo iznimno u nedostatku istih korišteni su podatci iz prethodne kalendarske godine (Tablica 10.1). U istu svrhu koristili smo i podatke o udjelu neprirodnog zemljišnog pokrova (NZP) koji objedinjuje sljedeće kategorije: Urbana i umjetna područja u slijevu (CLC razred 1); Intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2); Ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4); Prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5) (Tablica 10.2). Prilikom analiza utjecaja prirodnih tipoloških pokazatelja, odnosno antropogenih pritisaka Hering i sur. (2006) predlažu korištenje podataka o zemljišnom pokrovu slivnog područja slatkovodnih ekosustava. Veći udio NZP u slivu stajaćica izvor je nutrijenata što utječe na eutrofikaciju stajaćica te se navedeni parametar zajedno s ukupnim fosforom smatra važnim pokazateljem eutrofikacije (Argillier i sur., 2013).

Podatke o biomasi ihtiofaune prikupio je Izvršitelj, iz ribarsko-gospodarskih osnova i elaborata (akumulacijska jezera na rijeci Dravi) (Mustafić i sur., 2018) (Tablica 10.2). Za pet akumulacija i umjetnih stajaćica (Biljsko jezero, Grabova, Pakra, Popovac i Sakadaško jezero) nisu bili dostupni podatci o poribljavanju te je za njih napravljena stručna procjena od strane stručnjaka prof. dr. sc. Milorada Mrakovčića i dr. sc. Zorana Marčića.

Budući da je dostavljen set podataka o karakteristikama istraživanih stajaćica bio nepotpun, dio podataka o volumenu stajaćica izračunali smo iz srednje dubine i površine stajaćica.

Tablica 10.1. Nadmorska visina, morfološke i fizikalno kemijske karakteristike istraživanih stajaćica.

Naziv stajaćice	Nadmorska visina (m)	Površina (km ²)	Maksimalna dubina (m)	Srednja dubina (m)	Volumen (m ³ x 10 ⁶)	Temperatura vode (°C)	Prozirnost (m)	Klorofil a (µg/L)	Električna vodljivost (µS/cm)	Otopljeni kisik (mgO ₂ /L)	pH	BPK ₅ (mgO ₂ /L)
Biljsko jezero	80	1,25	5,0	3,0	3,8	21,7	-	-	666	3,24	7,95	6,31
Borovik	137	1,72	15,1	7,0	8,0	25,8	1,70	6,51	247	9,79	8,46	3,85
Ak. HE Čakovec	168	10,50	13,2	7,0	51,0	25,6	1,53	13,92	235	10,35	8,85	1,61
Ak. HE Dubrava	150	16,60	13,4	8,0	93,5	27,6	1,77	15,60	222	10,17	8,40	1,49
Grabova	98	1,26	5,0	3,0	2,2	21,3	0,46	42,30	558	8,03	8,03	5,10
Jarun	115	6,40	7,0	4,0	25,6	19,8	3,92	2,46	537	11,57	8,28	1,44
Jošava	93	0,79	1,4	1,0	0,9	26,7	0,34	56,29	412	12,00	8,51	6,84
Lapovac II	123	0,50	11,0	5,5	2,4	24,3	0,62	20,95	179	12,21	9,29	5,09
Novo Čiče	103	0,90	40,0	15,0	13,5	23,7	3,65	1,77	448	9,11	8,24	1,42
Pakra	104	2,72	6,3	2,7	11,9	25,3	0,89	12,84	189	4,58	8,70	4,07
Popovac	96	0,75	6,5	2,0	2,0	23,3	0,84	95,46	150	10,11	7,80	12,16
Rakitje	120	2,00	5,0	2,5	5,0	25,3	0,72	21,36	432	8,30	8,25	1,71
Sakadaš Šoderica	79	0,12	7,0	4,0	49,0	22,3	0,60	35,11	552	4,22	8,02	5,37
Koprivnica	128	1,50	20,0	8,0	12,0	21,5	3,38	2,93	469	10,06	8,19	2,34
Ak. HE Varaždin	191	2,85	8,7	5,0	7,4	24,5	0,82	13,68	249	9,85	8,40	2,96

Tablica 10.1. Nastavak

Naziv stajaćice	KPK-Mn (mgO ₂ /L)	Nitrati (mgN/L)	Nitriti (mgN/L)	Ukupni dušik (mgN/L)	Anorganski dušik (mgN/L)	Ortofosfati (mgP/L)	Ukupni fosfor (mgP/L)	TOC (mg/L)	Ukupne suspendirane tvari (mg/L)	Tvrdoća ukupna (mgCaCO ₃ /L)	Alkalitet m- vrijednost (mgCaCO ₃ /L)	Amonij (mgN/L)
Biljsko jezero	6,82	0,066	1,030	1,01	0,14	0,026	0,086	8,78	14,83	206,5	220,9	0,14
Borovik	6,03	0,170	0,678	1,04	0,21	0,009	0,050	9,23	9,01	86,2	123,1	0,13
Ak. HE Čakovec	1,40	0,761	0,325	1,37	0,51	0,008	0,080	1,96	8,01	85,7	109,0	0,46
Ak. HE Dubrava	1,32	0,757	0,497	1,54	0,50	0,006	0,040	1,77	19,05	85,0	115,1	0,36
Grabova	6,81	0,295	0,577	0,99	0,19	0,027	0,072	7,29	14,13	176,2	173,8	0,19
Jarun	1,87	1,271	0,105	1,45	1,02	0,010	0,774	1,78	7,71	151,2	175,1	0,59
Jošava	7,98	0,477	0,912	1,80	0,43	0,032	0,081	9,87	20,19	124,4	164,3	0,23
Lapovac II	6,63	0,184	0,726	0,96	0,14	0,010	0,037	9,46	11,86	70,8	108,0	0,15
Novo Čiče	1,95	3,860	0,095	3,98	3,86	0,010	0,038	1,01	6,59	146,4	148,0	3,31
Pakra	6,46	0,341	0,190	1,02	0,34	0,028	0,061	6,20	13,01	70,0	94,8	0,14
Popovac	17,38	0,382	0,601	2,45	1,05	0,027	0,163	8,26	17,60	53,7	45,9	0,37
Rakitje	3,33	0,524	0,003	1,05	0,25	0,007	0,000	3,02	17,52	232,4	201,6	0,02
Sakadaš	6,84	0,366	2,954	1,40	0,40	0,037	0,119	8,03	13,79	137,2	176,3	0,26
Šoderica Koprivnica	2,28	0,342	0,765	0,71	0,41	0,005	0,031	3,67	9,12	137,6	148,1	0,10
Ak. HE Varaždin	3,99	0,864	0,055	1,10	0,66	0,015	0,025	4,41	16,22	100,1	103,8	0,28

Tablica 10.2. Obilježja zemljišnog pokrova slivovnog područja stajaćica, biomasa riba i sezonske fluktuacije vodostaja.

Naziv stajaćice	Urbana i umjetna područja u slijevu (CLC razred 1) %	Intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2) %	Ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4) %	Prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5) %	Ihtiomasa (kg/ha)	Fluktuacija vodostaja*
Biljsko jezero	4.11	64.81	8.03	23.05	400	1
Borovik	0.00	3.34	2.29	94.36	730	4
Ak. HE Čakovec	9.13	57.49	5.03	28.35	220	3
Ak. HE Dubrava	10.36	58.34	2.73	28.57	160	4
Grabova	2.20	77.92	3.25	16.63	500	3
Jarun	38.55	9.25	9.80	42.40	195	2
Jošava	7.44	86.46	2.31	3.80	550	2
Lapovac II	0.00	4.73	11.12	84.15	500	4
Novo Čiče	22.29	65.82	0.07	11.82	50	1
Pakra	1.65	23.26	16.17	58.92	500	4
Popovac	0.00	20.96	8.41	70.63	500	4
Rakitje	23.23	6.95	22.49	47.34	260	1
Sakadaš	0.00	0.00	17.81	82.19	500	1
Šoderica Koprivnica	4.87	72.64	14.79	7.70	220	1
Ak. HE Varaždin	3.47	12.50	11.47	72.56	200	3

*Razredi fluktuacije vodostaja: (1) 0.00-0.25 m, (2) >0.25-0.75 m, (3) >0.75-1.00 m, (4) 1.00 m-5.00 m, (5) >5.00 m.

Literatura

Argillier C., Caussé S., Gevrey M., Pédrón S., De Bortoli J., Brucet S., Holmgren K. 2013. Development of a fish-based index to assess the eutrophication status of European lakes. *Hydrobiologia* 704 (1), 193–211.

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.

Mustafić P., Mrakovčić M., Plenković-Moraj A., Mihaljević Z., Kerovec M., Alegro A., Zanella D., Marčić Z., Čaleta M., Gligora Udovič M., Žutinić P., Kulaš A., Horvatić S. 2018. Biološka ispitivanja nadzemnih voda na HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava u 2017. godini. Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu.

11. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAĆICA I AKUMULACIJA TEMELJEM FITOPLANKTONA I FITOBENTOSA

Prijedlog sustava ocjene ekološkog potencijala može se naći u elaboratu Borics i sur., 2018, koji je pisan na engleskom jeziku i nalazi se u prilogu. Prilikom ocjene ekološkog potencijala umjetnih stajaćica i akumulacija u Panonskoj ekoregiji primjeni su elementi za ocjenjivanje stanja onih prirodnih tijela površinskih voda koja su im najbližija (kao što je i predloženo projektnim zadatkom) te je primijenjen slijedeći princip: ukoliko su sustavi ocjene razvijeni za najbliža usporediva prirodna vodna tijela primjenjivi na umjetna i znatno promijenjena vodna tijela te daju očekivane rezultate, značajne promjene sustava ocjene ekološkog potencijala nisu nužne. U tom je slučaju vrlo dobro ekološko stanje (high ecological status, HES) jednako vrlo dobrom ekološkom potencijalu (engl. high ecological potential, HEP), a dobro ekološko stanje (engl. good ecological potential, GES) jednako je dobrom ekološkom potencijalu (engl. good ecological potential, GEP). U umjetnim i znatno promijenjenim stajaćicama te akumulacijama ekoregije 11 (Mađarska nizina) primijenjena su mađarska iskustva i rezultati Istočno kontinentalne interkalibracijske grupe (IC GIG) i Središnje – baltičke interkalibracijske grupe (CB GIG).

11.1. Definiranje najbliže prirodne kategorije vodnog tijela

Za svaku od akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije određen je najbliži prirodni usporedivi tip vodnog tijela. Tijekom interkalibracije bioloških metoda države članice EU odredile su zajedničke tzv. interkalibracijske tipove, koji su dostupni i za Ti su tipovi dostupni i za Panonsku ekoregiju. Ukoliko su vodna tijela pojedine ekoregije već svrstana prema tipologiji u umjetna ili znatno promijenjena vodna tijela, potrebno je upotrebljavati te tipove kao važeće (de Hoyos i sur., 2014). Vrijeme zadržavanja vode u umjetnoj stajaćici ili akumulaciji iznimno je značajna karakteristika koja utječe na opstojnost i biomasu fitoplanktonske zajednice, te je u slučajevima kada je vrijeme zadržavanja vode procijenjeno na samo nekoliko dana, vodno je tijelo kategorizirano kao rijeka, a ne stajaćica. Predloženi sustav ocjene umjetnih stajaćica i akumulacija Panonske ekoregije primjenjiv je na slijedeće biotičke tipove:

- vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice,
- plitke akumulacije i umjetne stajaćice,
- duboke umjetne stajaćice,
- akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode (najbliži prirodni tip je rijeka)

Biotička tipologija koja je primijenjena za ocjenu ekološkog potencijala istraživanih umjetnih stajaćica i akumulacija, uz najbliži prirodni tip voda prikazana je u tablici 11.1.

Tablica 11.1. Biotički tipovi istraživanih umjetnih, znatno promijenjenih stajaćica i akumulacija Panonske ekoregije te najbliži prirodni interkalibracijski tip vodnog tijela.

Naziv vodnog tijela	Tip vodnog tijela	Najbliži prirodni interkalibracijski tip vodnog tijela
Grabovo	vrlo plitka akumulacija	EC1 Nizinsko vrlo plitko jezero s tvrdom vodom
Jošava	vrlo plitka akumulacija	EC1 Nizinsko vrlo plitko jezero s tvrdom vodom
Pakra	vrlo plitka akumulacija	EC1 Nizinsko vrlo plitko jezero s tvrdom vodom
Popovac	vrlo plitka akumulacija	EC1 Nizinsko vrlo plitko jezero s tvrdom vodom
Sakadaš	plitka umjetna stajaćica	LCB1
Borovik	plitka akumulacija	LCB1
Lapovac II	plitka akumulacija	LCB1
Ak. HE Varaždin	ak. s kratkim vremenom zadržavanja vode	E 3 Velika nizinska rijeka
Ak. HE Čakovec	ak. s kratkim vremenom zadržavanja vode	E 3 Velika nizinska rijeka
Ak. HE Dubrava	ak. s kratkim vremenom zadržavanja vode	E 3 Velika nizinska rijeka
Šoderica Koprivnica	plitka umjetna stajaćica	LCB1
Novo Čiče	duboka umjetna stajaćica	LCB Duboko jezero
Rakitje	vrlo plitka umjetna stajaćica	EC1 Nizinsko vrlo plitko jezero s tvrdom vodom
Jarun	plitka umjetna stajaćica	LCB1

11.2 Prijedlog metoda za ocjena ekološkog potencijala umjetnih stajaćica i akumulacija Panonske ekoregije na temelju fitoplanktona

Prema definiciji u Dodatku 4 Okvirne direktive o vodama (ODV) EU, ocjena kakvoće vode na temelju fitoplanktona određuje se pomoću izračunavanja biomase, određivanja sastava zajednice te cvjetanja. Predloženi sustav ocjene ekološkog potencijala koristi se za ocjenu kakvoće vrlo plitkih jezera u Panonskoj ekoregiji i uspješno je interkalibriran. Europska komisija provela je interkalibracijsku vježbu u svrhu usklađivanja graničnih vrijednosti kategorija kakvoće vode svih država članica. Također, stručne su provjere pokazale da metodologija u potpunosti udovoljava kriterijima ODV-a. Sve metode ocjene primijenjene u ovom elaboratu prošle su prethodnu interkalibraciju, stoga se mogu smatrati "interkalibriranim metodama". Metode ocjene na temelju fitoplanktona razvijene su kako bi se utvrdili učinci hranjivih soli (najvećim dijelom učinci ukupnog fosfora i ukupnog dušika) i iskorištavanja jezera (za ocjenu vrlo plitkih jezera u Ekoregiji 11). Budući da navedene varijable djeluju kao ključni stresori akumulacija u Republici Hrvatskoj, držimo da primjena ove metodologije daje pouzdane rezultate u svrhu (održivog) upravljanja akumulacijama.

Metode ocjene ekološkog stanja / potencijala koje se temelje na fitoplanktonu za navedena četiri tipa su već razvijene, a metode za ocjenu ekološkog stanja vrlo plitkih jezera i velikih rijeka prošle su interkalibracijski proces.

Vrlo plitke akumulacije

Opis metode

Metoda koja se koristi za ocjenu vrlo plitkih jezera sastoji se od tri indeksa: biomase, sastava zajednice i indeksa za ocjenu cvjetanja algi. Pojedini opisi odabranih metrika i graničnih vrijednosti mogu se pronaći u službenom izvješću o interkalibraciji čimbenika za fitoplankton jezera Istočne Kontinentalne interkalibracijske Grupe (the Eastern Continental Geographic Intercalibration Group, EC-GIG) (Borics i sur., 2016).

Biomasa

Koncentracija klorofila *a* (Chl-*a*) koristi se kao mjera za izračunavanje biomase fitoplanktona. Propisane granične vrijednosti prikazane su u Tablici 11.2.

Tablica 11.2. Granične vrijednosti klorofila *a* (Chl-*a*) i omjera ekološke kakvoće (OEK).

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Chl- <i>a</i> (µg/L)	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	≤11,8	0,8
DOBRO	≤24,6	0,6
UMJERENO	≤64,8	0,4
LOŠE	≤105,1	0,2
VRLO LOŠE	>105,1	<0,2

Koristeći slijedeću polinomsku regresijsku jednadžbu trećeg reda, izmjerene vrijednosti klorofila *a* mogu se pretvoriti u normaliziranu skalu s standardiziranim granicama klasa i normaliziranim vrijednostima OEK:

$$OEK_{Chl-a} = \begin{cases} A_k o / [X > 200; 0; A_k o (X < 105,1; -0,000002444 X^3 + 0,0004479 X^2 - 0,0294 X + 1,089; - \\ 0,002 \\ X + 0,3949) / \end{cases}$$

gdje je:

X - Chl-*a* (µg/L)

Indeks za ocjenu sastava zajednice (Q_k)

Ocjena sastava zajednice temelji se na podacima dobivenih kvantitativnom analizom sastava fitoplanktona. Indeks primijenjen u ovom elaboratu temelji se na "Indeksu sastava zajednice" (Q) prema Padisák i sur. (2006). Q se računa prema formuli:

$$Q_k = \sum_{i=1}^s (p_i F),$$

gdje je:

p_i - relativni udio i -te funkcionalne grupe prema ukupnoj biomasi fitoplanktona,

F - faktor procjene cjelokupne zajednice na temelju brojčanih vrijednosti pridruženih različitim FG u danom tipu jezera

Ovaj se indeks temelji na pripadajućim kodovima funkcionalnih skupina (FG) algi. FG vrijednosti (F) su dane s obzirom na raspodjelu algi duž stresorskih vrijednosti prema mađarskoj bazi podataka.

Vrijednosti faktora F

S1	S2	SN	YPh	H1	G	J	M	C	P	T	X1	LM	W1	W2	Q	D	Y	E	K	LO	WS	MP	A	B	N	Z	X3	X2	F	U	V
1	1	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Q indeks izračunava se za svaki analizirani uzorak fitoplanktona. Vrijednost Q indeksa standardizira se tako što se izračunata vrijednost Q indeksa dijeli s maksimalnom vrijednošću Q indeksa koja je preuzeta iz mađarske baze podataka ($Max Q_k=7,95$). Granične vrijednosti OEK prikazane su u Tablici 11.3.

Tablica 11.3. Granične vrijednosti Q indeksa i OEK.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Q indeksa ($Q/7,95$)	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	$\geq 0,82$	0,8
DOBRO	$\geq 0,52$	0,6
UMJERENO	$\geq 0,40$	0,4
LOŠE	$\geq 0,20$	0,2
VRLO LOŠE	$< 0,20$	$< 0,2$

Za normalizaciju Q indeksa koristi se polinomska regresijska jednadžba trećeg reda:

$$OEK_Q = A_k (Q > 0,4; 5,511 \times Q^3 - 11,971 \times Q^2 + 9,1614 \times Q - 1,7019; Q)$$

Kombinacija metričkih indeksa

Kombinacija dvaju indeksa predstavlja procijenjeni prosjek vrijednosti OEK.

$$HLPI = \frac{OEK_Q + 2 \times OEK_{Chl\ a}}{3}$$

gdje je:

HLPI - indeks za fitoplankton jezera

OEK_Q - normalizirani OEK sastava zajednice

OEK_{Chl-a} - normalizirani OEK indeksa biomase (koncentracije klorofila *a*).

Primjena indeksa za ocjenu cvjetanja algi

U ocjeni kakvoće vode na temelju fitoplanktona prema naputcima ODV-a potrebno je uzeti u obzir učestalost i intenzitet cvjetanja algi. S obzirom da pojam cvjetanja vode nije jasno definiran u hidrobiološkoj literaturi, predloženi su različiti pristupi, poput relativne ili apsolutne učestalosti cijanobakterija. Budući da niti relativna niti apsolutna učestalost cijanobakterija nisu primjenjive za izračunavanje indeksa ocjene cvjetanja algi, predložena je uporaba samo apsolutne učestalosti cijanobakterija. Carvalho i sur. (2013) predložili su primjenu biomase cijanobakterija koncentracije 2 mg l⁻¹ kao granicu niske opasnosti od štetnog razvoja algi te biomasu cijanobakterija koncentracije 10 mg l⁻¹ kao granicu visokog rizika od štetnog razvoja algi. Za plitke se akumulacije indeks primijenjuje na sljedeći način:

- Biomasa cijanobakterija <10 mg/L: potrebno primijeniti vrijednosti nacionalnih indeksa
- Biomasa cijanobakterija >10 mg/L:
 - Nacionalna vrijednost OEK >0,6, OEK potrebno smanjiti za 0,2,
 - Nacionalna vrijednost OEK <0,6, bez promjene.

Plitke akumulacije i umjetne stajaćice

Opis metode

Metoda koja se koristi za ocjenu plitkih jezera sastoji se od tri indeksa: biomase, sastava zajednice i indeksa za ocjenu cvjetanja algi. Pojedini opisi odabranih metrika i graničnih vrijednosti mogu se pronaći u radu Poikane et al. (2011).

Indeks za ocjenu sastava zajednice (Qk)

Opis isti kao i za vrlo plitke stajaćice.

Biomasa

Koncentracija klorofila *a* (Chl-*a*) koristi se kao mjera za izračunavanje biomase fitoplanktona. Propisane granične vrijednosti prikazane su u Tablici 11.4.

Tablica 11.4. Granične vrijednosti klorofila *a* (Chl-*a*) i OEK.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Chl- <i>a</i> (µg/L)	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	≤7	0.8
DOBRO	≤12	0.6
UMJERENO	≤64.8	0.4
LOŠE	≤105.1	0.2
VRLO LOŠE	>105.1	<0.2

Koristeći slijedeću polinomsku regresijsku jednadžbu trećeg reda, izmjerene vrijednosti klorofila *a* mogu se pretvoriti u normaliziranu skalu s standardiziranim granicama klasa i normaliziranim vrijednostima OEK. (Tablica 11.4):

$$OEK_{Chl-a} = IF(X < 7.5; -0.0267X + 1; -0.408 \ln X + 1.6184)$$

gdje je:

X - Chl-*a* (µg/L)

Kombinacija metričkih indeksa

Kombinacija dvaju indeksa predstavlja procijenjeni prosjek vrijednosti OEK.

$$HLPI = \frac{OEK_Q + 2 \times OEK_{Chl\ a}}{3}$$

gdje je:

HLPI - indeks za fitoplankton jezera

OEK_Q - normalizirani OEK sastava zajednice

OEK_{Chl-a} - normalizirani OEK indeksa biomase (koncentracije klorofila *a*).

Primjena indeksa za ocjenu cvjetanja algi

Primjenjuje se isti princip kao i kod vrlo plitkih akumulacija.

Duboke umjetne stajačice

Slično kao i za plitke akumulacije, indeks za ocjenu sastava zajednica (*Q_k*) dubokih umjetnih stajačica također se sastoji od tri istovjetna čimbenika. Indeks sastava zajednice i indeks ocjene cvjetanja algi jednaki su onima koji se koriste za plitka jezera, stoga ovdje nisu detaljno obrađeni. Međutim, za indeks biomase predložene su strože granične vrijednosti.

Indeks za ocjenu sastava zajednice (*Q_k*)

Opis isti kao i za vrlo plitke akumulacije.

Biomasa

Koncentracija klorofila *a* (Chl-*a*) koristi se kao mjera za izračunavanje biomasa. Propisane granične vrijednosti prikazane su u Tablici 11.5.

Tablica 11.5. Granične vrijednosti klorofila *a* (Chl-*a*) i OEK.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Chl- <i>a</i> (µg/L)	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	≤8,0	0,8
DOBRO	≤15,0	0,6
UMJERENO	≤30,0	0,4
LOŠE	≤50,0	0,2
VRLO LOŠE	>50,0	<0,2

Vrijednosti koncentracije klorofila *a* normaliziraju se pomoću regresijske jednadžbe:

$$\text{Chl-}a < 100 \mu\text{/L: } \text{OEK}_{\text{Chl-}a} = 2 \times 0,000001 \times x^3 + 0,0004 \times x^2 - 0,0301 \times x + 1,0014$$

$$\text{Chl-}a > 100 \mu\text{/L: } \text{OEK}_{\text{Chl-}a} = 0$$

x - koncentracija klorofila *a* (µg/L)

Kombinacija metričkih indeksa

Kombinacija dva indeksa predstavlja srednju vrijednost OEK.

$$\text{HLPI} = \frac{\text{OEK}_Q + 2 \times \text{OEK}_{\text{Chl } a}}{3}$$

gdje je:

HLPI - indeks za fitoplankton jezera

OEK_Q - normalizirani OEK sastava zajednice

OEK_{Chl-*a*} - normalizirani OEK indeksa biomase (koncentracije klorofil-*a*).

Primjena indeksa za ocjenu cvjetanja algi

S obzirom da se neke akumulacije ovog tipa u regiji koriste u opskrbi vodom za piće, predložene granične vrijednosti za ocjenu cvjetanja algi moraju biti strože. Prema prijedlogu Carvalho i sur. (2013) u ovoj su studiji predložene sljedeće granične vrijednosti indeksa za ocjenu cvjetanja algi:

- Biomasa cijanobakterija <2 mg/L: potrebno primjeniti vrijednosti nacionalnih indeksa
- Biomasa cijanobakterija >2 mg/L:
 - Nacionalna vrijednost OEK >0,6 OEK potrebno sniziti za 0,2
 - Nacionalna vrijednost OEK <0,6 bez promjene.

Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode

Indeks za ocjenu kakvoće stanja rijeka pomoću fitoplanktona zasniva se na dva indeksa: biomasi i sastavu zajednice. Za izračunavanje indeksa biomase koristi se koncentracija klorofila *a*, dok se indeks sastava zajednice računa na osnovu ocjene pripadajućih kodona funkcionalnih skupina algi prema Reynolds i sur. (2002.) i Borics i sur. (2007.).

Biomasa

Propisane koncentracije klorofila *a* za izračunavanje biomase nalaze se u Tablici 11.6.

Tablica 11.6. Granične vrijednosti klorofila *a* i OEK.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Chl- <i>a</i> (µg/L)	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	≤4,2	0,8
DOBRO	≤8,7	0,6
UMJERENO	≤18,5	0,4
LOŠE	≤28,0	0,2
VRLO LOŠE	>28,0	<0,2

Vrijednosti koncentracije klorofila *a* normaliziraju se pomoću vrijednosti OEK.

$$OEK_{Chl-a} = 1,0109e^{-0,0558x}$$

gdje je:

x - koncentracija klorofila *a* (µg/L)

Indeks za ocjenu sastava zajednice (Q_k)

Ocjena sastava zajednice temelji se na podacima dobivenih kvantitativnom analizom sastava fitoplanktona. Primijenjeni indeks temelji se na "Indeksu sastava zajednice" (*Q*) (Borics i sur., 2007.) koji se izračunava prema sljedećoj jednadžbi:

$$Q_k = \sum_{i=1}^s (p_i F),$$

gdje je:

p_i - relativni udio *i*-te funkcionalne grupe prema ukupnoj biomasi fitoplanktona,

F - faktor procjene cjelokupne zajednice na temelju brojčanih vrijednosti pridruženih različitim FG u danom tipu jezera

Vrijednosti faktora (F) za određene funkcionalne skupine algi, pri čemu slova predstavljaju kodone funkcionalnih skupina i pridružene vrijednosti (Reynolds i sur., 2002.; Borics i sur., 2007.).

4 4 4 4 5 2 4 3 3 3 0 0 0 3 3 4 3 3 2 3 3 1 2 2 1 1 1 1 1 0 0 0 2 3 3 1
 A B C D TIB TIC TID N P T S1 S2 SN Z X3 X2 X1 Y YPh E F G J K H1 H2 U LO LM M V W0 W1 W2 WS Q

Standardizacija Q vrijednosti:

Konačna Q vrijednost indeksa izračunava se tako da se Q indeks podijeli s 5, pri čemu se dobije vrijednost između 0 i 1 (Tablica 11.7).

Tablica 11.7. Granične vrijednosti Indeksa za procjenu sastava zajednice i OEK.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti Q/5	Granične vrijednosti OEK
VRLO DOBRO	≤0,95	0,8
DOBRO	≤0,8	0,6
UMJERENO	≤0,7	0,4
LOŠE	≤0,6	0,2
VRLO LOŠE	>0,6	<0,2

Jednadžba koja se koristi za normalizaciju OEK je:

$$OEK_Q = 1,3377x^2 - 0,4252x + 0,0451$$

gdje je:

$x = Q/5$

Kombinacija metričkih indeksa

Kombinacija dvaju indeksa predstavlja procijenjeni prosjek OEK vrijednosti OEK.

$$HRPI = \frac{2NChla + NQr}{3}$$

gdje je:

HRPI - indeks za fitoplankton rijeka

OEK_Q - normalizirani OEK sastava zajednice

OEK_{Chl-a} - normalizirani OEK indeksa biomase (koncentracije klorofila a).

Ocjena cvjetanja algi

Nije primjenjivo.

11.3. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih stajaćica temeljem fitoplanktona

U tablici 11.8. prikazane su ocjene ekološkog potencijala temeljem predložene metodologije. Budući da su u svakoj od istraživanih akumulacija i umjetnih stajaćica uzorci prikupljeni na mjesečnoj bazi od travnja do rujna za svaki mjesec (uzorak) određen je OEK, odnosno pripadajući ekološki potencijal. Ukupna ocjena za pojedino vodno tijelo prikazana je kao srednja vrijednost OEK od 6 prikupljenih uzoraka.

Za dravske akumulacije u prvom koraku predložili smo primjenu metode ocjene na temelju fitoplanktona rijeka, jer kraće zadržavanje vode onemogućuje razvoj tipične jezerske fitoplanktonske zajednice. Međutim, sastav zajednice i biomasa fitoplanktona rijeka više je ili manje slučajna, što rezultate ocjene čini nesigurnim. Niske vrijednosti klorofila *a* u rijekama lako se mogu povećati zbog naglih dotoka vode ili manjih poplava koje povremeno mogu donositi veću količinu bentičkih elemenata. Navedeno može povećati koncentracije klorofila *a* i tako smanjiti vrijednosti OEK. U drugim slučajevima, manje poplave podudaraju se s višom koncentracijom anorganskih tvari koje mogu smanjiti dostupnost svjetla, a time i biomasu planktona, čak i u slučajevima kad je voda obogaćena nutrijentima. Upravo zbog navedenih nesigurnosti, predlažemo da se u dravskim akumulacijama fitoplankton proglašeni nerelevantnim elementom i da se ekološki potencijal ocjenjuje temeljem drugih BEK uključujući i fitobentos.

Tablica 11.8. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih akumulacija i umjetnih stajačica temeljem fitoplanktona.

Postaja	Klorofil <i>a</i>	Mjesec	Indeks	Vrijednost indeksa	Ekološki potencijal
Borovik	8,15	IV	HLPI	0,80	Dobar i bolji
Borovik	4,47	V	HLPI	0,87	Dobar i bolji
Borovik	6,95	VI	HLPI	0,68	Dobar i bolji
Borovik	6,73	VII	HLPI	0,84	Dobar i bolji
Borovik	3,92	VIII	HLPI	0,76	Dobar i bolji
Borovik	5,02	IX	HLPI	0,71	Dobar i bolji
Borovik (SV)				0,78	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec		IV	Q indeks	0,66	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec		V	Q indeks	0,60	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec	4,48	VI	HRPI	0,73	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec	15,65	VII	HRPI	0,34	Loš
Ak. HE Čakovec	15,93	VIII	HRPI	0,43	Umjeren
Ak. HE Čakovec	16,00	IX	HRPI	0,32	Loš
Ak. HE Čakovec (SV)				0,51	Umjeren
Ak. HE Dubrava		IV	Q index	0,59	Umjeren
Ak. HE Dubrava		V	Q index	0,33	Loš
Ak. HE Dubrava	7,46	VI	HRPI	0,62	Dobar i bolji
Ak. HE Dubrava	13,48	VII	HRPI	0,40	Umjeren
Ak. HE Dubrava	15,02	VIII	HRPI	0,47	Umjeren
Ak. HE Dubrava	15,65	IX	HRPI	0,37	Loš
Ak. HE Dubrava (SV)				0,46	Umjeren
Grabovo	28,14	IV	HLPI	0,78	Dobar i bolji
Grabovo	15,74	V	HLPI	0,78	Dobar i bolji
Grabovo	34,35	VI	HLPI	0,70	Dobar i bolji
Grabovo	16,70	VII	HLPI	0,67	Dobar i bolji
Grabovo	51,18	VIII	HLPI	0,50	Umjeren
Grabovo	4,00	IX	HLPI	0,80	Dobar i bolji
Grabova (SV)	25,02			0,71	Dobar i bolji
Jarun	6,30	IV	HLPI	0,86	Dobar i bolji
Jarun	1,30	V	HLPI	0,93	Dobar i bolji
Jarun	2,80	VI	HLPI	0,91	Dobar i bolji
Jarun	2,50	VII	HLPI	0,90	Dobar i bolji
Jarun	3,10	VIII	HLPI	0,90	Dobar i bolji
Jarun	1,00	IX	HLPI	0,94	Dobar i bolji
Jarun (SV)	2,83			0,91	Dobar i bolji
Jošava	49,98	IV	HLPI	0,57	Umjeren
Jošava	41,18	V	HLPI	0,57	Umjeren
Jošava	33,99	VI	HLPI	0,62	Dobar i bolji
Jošava	74,81	VII	HLPI	0,45	Umjeren
Jošava	84,43	VIII	HLPI	0,45	Umjeren
Jošava	111,60	IX	HLPI	0,28	Loš

Tablica 11.8. Nastavak

Postaja	Klorofil <i>a</i>	Mjesec	Indeks	Vrijednost indeksa	Ekološki potencijal
Jošava (SV)	66,00			0,49	Umjeren
Lapovac II	12,93	IV	HLPI	0,68	Dobar i bolji
Lapovac II	8,11	V	HLPI	0,82	Dobar i bolji
Lapovac II	12,49	VI	HLPI	0,67	Dobar i bolji
Lapovac II	13,98	VII	HLPI	0,61	Dobar i bolji
Lapovac II	23,31	VIII	HLPI	0,36	Loš
Lapovac II	22,66	IX	HLPI	0,41	Umjeren
Lapovac II (SV)	15,58			0,59	Umjeren
Novo Čiče	2,50	IV	HLPI	0,79	Dobar i bolji
Novo Čiče	1,50	V	HLPI	0,92	Dobar i bolji
Novo Čiče	1,00	VI	HLPI	0,93	Dobar i bolji
Novo Čiče	2,20	VII	HLPI	0,96	Dobar i bolji
Novo Čiče	2,20	VIII	HLPI	0,94	Dobar i bolji
Novo Čiče	1,00	IX	HLPI	0,98	Dobar i bolji
Novo Čiče				0,92	Dobar i bolji
Pakra	6,11	IV	HLPI	0,80	Dobar i bolji
Pakra	4,35	V	HLPI	0,84	Dobar i bolji
Pakra	12,85	VI	HLPI	0,68	Dobar i bolji
Pakra	5,70	VII	HLPI	0,78	Dobar i bolji
Pakra	49,90	VIII	HLPI	0,46	Umjeren
Pakra	2,32	IX	HLPI	0,74	Dobar i bolji
Pakra (SV)	13,54			0,72	Dobar i bolji
Popovac	42,30	IV	HLPI	0,63	Dobar i bolji
Popovac	45,90	V	HLPI	0,58	Umjeren
Popovac	77,70	VI	HLPI	0,33	Loš
Popovac	213,60	VII	HLPI	0,27	Loš
Popovac	147,50	VIII	HLPI	0,12	Vrlo loš
Popovac	100,00	IX	HLPI	0,29	Loš
Popovac (SV)	104,50			0,37	Loš
Rakitje	13,62	IV	HLPI	0,87	Dobar i bolji
Rakitje	16,93	V	HLPI	0,83	Dobar i bolji
Rakitje	21,96	VI	HLPI	0,79	Dobar i bolji
Rakitje	23,00	VII	HLPI	0,76	Dobar i bolji
Rakitje	33,92	VIII	HLPI	0,72	Dobar i bolji
Rakitje	20,38	IX	HLPI	0,75	Dobar i bolji
Rakitje (SV)	21,64			0,79	Dobar i bolji
Sakadaš	22,74	IV	HLPI	0,40	Umjeren
Sakadaš	36,80	V	HLPI	0,25	Loš
Sakadaš	42,04	VI	HLPI	0,30	Loš
Sakadaš	27,78	VII	HLPI	0,41	Umjeren
Sakadaš	20,41	VIII	HLPI	0,49	Umjeren

Tablica 11.8. Nastavak

Postaja	Klorofil <i>a</i>	Mjesec	Indeks	Vrijednost indeksa	Ekološki potencijal
Sakadaš	33,76	IX	HLPI	0,23	Loš
Sakadaš (SV)	30,59			0,35	Loš
Šoderica Koprivnica	2,50	IV	HLPI	0,95	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica	2,50	V	HLPI	0,93	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica	2,43	VI	HLPI	0,89	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica	2,74	VII	HLPI	0,92	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica	2,88	VIII	HLPI	0,89	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica	3,82	IX	HLPI	0,85	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica (SV)	2,81			0,91	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	9,30	IV	HRPI	0,64	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	5,92	V	HRPI	0,73	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	6,21	VI	HRPI	0,69	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	5,03	VII	HRPI	0,73	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	9,71	VIII	HRPI	0,58	Umjeren
Ak. HE Varaždin	8,29	IX	HRPI	0,59	Umjeren
Ak. HE Varaždin (SV)				0,66	Dobar i bolji
SV - srednja vrijednost					

11.4. Opis fitoplanktonske zajednice u uvjetima Maksimalnog ekološkog potencijala

Vrlo plitke akumulacije

U referentnim uvjetima fitoplanktonskom zajednicom dominiraju funkcionalne grupe koje imaju visoku faktorsku vrijednost (7, 9, (5)). To su fitoplanktonske vrste koji preferiraju oligotrofna i oligo-mezotrofna vodna tijela. Reprezentativni predstavnici su: centrične dijatomeje, jednostanične i kolonijalne zelene alge skupine Cholorococcales, planktonske alge skupine Desmidiiales, dinoflagelati i vrste skupine Chrysophyceae. Zajednicu povremeno mogu karakterizirati i predstavnici skupine Chlorococcales iz funkcionalne grupe J, flagelatne zelene alge iz funkcionalne grupe G, predstavnici skupine Euglenophyta iz funkcionalnih grupa W1 i W2. Cijanobakterije koje cvjetaju mogu se povremeno pojaviti i uspostaviti kratkotrajnu dominaciju u planktonskoj zajednici, ali njihova biomasa ne prelazi vrijednost 2 mg/L.

Plitke akumulacije i umjetne stajačice

U referentnim uvjetima fitoplanktonskom zajednicom dominiraju funkcionalne grupe koje imaju visoku faktorsku vrijednost (7, 9). To su fitoplanktonske vrste koji preferiraju oligotrofna i oligo-mezotrofna vodna tijela. Reprezentativni predstavnici su: centrične dijatomeje, jednostanične i kolonijalne zelene alge skupine Cholorococcales, planktonske alge skupine Desmidiiales, dinoflagelati i vrste skupine Chrysophyceae. Zajednicu povremeno mogu karakterizirati i predstavnici skupine Chlorococcales iz funkcionalne grupe J i flagelatne zelene alge iz funkcionalne grupe G. Cijanobakterije koje cvjetaju mogu se povremeno pojaviti u planktonskoj zajednici, ali nikad kao dominantne vrste, te njihova biomasa ne prelazi vrijednost 2 mg/L.

Duboke umjetne stajaćice

U referentnim uvjetima fitoplanktonskom zajednicom dominiraju funkcionalne grupe koje imaju visoku faktorsku vrijednost (7, 9). To su fitoplanktonske vrste koji preferiraju oligotrofna i oligomezotrofna vodna tijela. Reprezentativni predstavnici su: centrične dijatomeje, jednostanične i kolonijalne zelene alge skupine Cholorococcales, planktonske alge skupine Desmidiales, dinoflagelati i vrste skupine Chrysophyceae. U fitoplanktonskoj zajednici često dominiraju flagelatne vrste iz skupina Chrysophyta i Cryptophyta. Cijanobakterije koje cvjetaju pojavljuju se sporadično te njihova biomasa ne prelazi vrijednost 2 mg/L.

Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode

Zbog kratkog vremena zadržavanja vode u vodnim sustavima ovog tipa zajednicom dominira riječni fitoplankton. Plankton se sastoji od tihoplanktonskih dijatomeja, malih stanica s kratkim generacijskim vremenom, malim centričnim dijatomejama (funkcionalne grupe A, B i C), krizofitima (grupa X2), kriptofitima (grupa X3). Cijanobakterije koje cvjetaju pojavljuju se sporadično i nikad ne dominiraju planktonskom zajednicom.

11.5. Prijedlog metoda za ocjena ekološkog potencijala umjetnih stajaćica i akumulacija Panonske ekoregije na temelju fitobentosa

Makrofiti i fitobentos su biološki elementi kakvoće (BEK) koji se u ocjeni ekološkog stanja voda prema ODV-u zajednički koriste kao pokazatelj bentičke zajednice ispitivanog vodnog tijela. U većini se zemalja ova dva BEK-a zasebno ocjenjuju (Kelly i sur., 2014.). Budući da se u ocjeni kvalitete na temelju fitobentosa najčešće koriste dijatomeje, indeksi za ocjenu obično se računaju prema njihovom relativnom udjelu (Kelly i sur., 2014.). Prema tehničkom izvješću JRC (2014.), metode ocjene koje se temelje na korištenju dijatomeja kalibrirane su prema gradijentima eutrofikacije (uglavnom spojevi dušika i fosfora). Metode korištene za ocjenu ekološkog stanja akumulacija i jezera u Panonskoj ekoregiji prošle su interkalibraciju (JRC tehničko izvješće, 2014.) te znanstvenu recenziju (Kelly, 2014.). Za ocjenu kakvoće stajaćih voda Panonske ekoregije na temelju dijatomeja korišteni su interkalibrirani multimetrijski indeksi. Naime, multimetrijski su indeksi ukazali na jaču koreliranost između stresora i dijatomejskih indeksa nego jednostavniji metričkim indeksi (JRC tehničko izvješće, 2014.). Multimetrijski indeksi sadrže dijatomejske indekse koji se temelje na jednadžbi Zelinka-Marvan (1961.) koju je modificirao Coste (1982.):

$$index = \frac{\sum_{j=1}^n p_j \times s_j \times v_j}{\sum_{j=1}^n p_j \times v_j}$$

gdje je:

p_j - relativna učestalost vrste "j" u uzorku

s_j - osjetljivost vrste "j" (optimum)

v_j - tolerantnost/indikatorska vrijednost vrste "j"

Računalni program OMNIDIA (Lecoite i sur., 2008.) sadrži vrijednosti s_j i v_j za oko 6500 dijatomejskih svojti te se preporuča njegova upotreba u ocjeni kakvoće vode temeljene na dijatomejama.

U ocjeni akumulacija i jezera Republike Hrvatske testirano je ukupno 17 dijatomejskih indeksa koji su uspoređeni s fizikalnim i kemijskim čimbenicima. Svi dijatomejski indeksi izračunati su u računalnom programu OMNIDIA ver. 5.2. Organsko opterećenje (saprobnost) procijenjeno je pomoću SLA, WAT i SI indeksa. Ostali indeksi, poput TDI, DI-CH i TI, daju procjenu trofičke razine ili računaju i saprobitet i stupanj trofije (IPS, DESCY, IDSE/5, GENRE, CEE, SHE, IDAP, IND, EPI-D, IDP i LOBO).

Za izračun IDAP i TDI indeksa mogu se koristiti podaci određivanja do razine roda ili vrste, za razliku od ostalih indeksa za koje je potrebna determinacija do razine vrsta.

Konačne vrijednosti svih indeksa kreću se između 1 (najlošija kakvoća) - 20 (najbolja kakvoća).

Tablica 11.9 sadrži sve indekse koji se računaju putem programa OMNIDIA (i) te njihove najbitnije dodatne informacije (ii).

Tablica 11.9. Dijatomejski indeksi dostupni u programu OMNIDIA.

Indeks	Jednadžba	Referenca
TI	$TI = 21,583 - \sum TI \times 5,278$	Rott i sur., 1999.
SI	$SI = 26,786 - \sum SI \times 6,786$	Rott i sur., 1997.
IPS	$IPS = 4,75 \times \sum IPS - 3,75$	Cemagref, 1982.
EPI-D	$EPI-D = 20 - 4,75 \times \sum EPI-D$	Dell'Uomo, 1996.
IDP	$IDP = 20 - 4,75 \times \sum IDP$	Gomez i Licursi, 2001.
TDI/20	$TDI = 24,75 - 4,75 \times \sum TDI$	Kelly i Whitton, 1995.
IBD	$IBD = 4,75 \times \sum IBD - 8,5$	Prygiel i Coste, 1999.
IDG	$IDG = 4,75 \times \sum IDG - 3,75$	Coste i Ayphassorho, 1991.
IDAP	$IDAP = 4,75 \times \sum IDAP - 3,75$	Prygiel i sur., 1996.; Lecoite i sur., 2003.

Tablica 11.9. Nastavak

Indeks	Jednadžba	Referenca
DES	$DES = 4,75 \times \sum DES - 3,75$	Descy, 1979.
LiM	$LiM = 4,75 \times \sum LiM - 3,75$	Leclercq i Maquet, 1987.
SHE	$SHE = 3,167 \times \sum SHE - 2,167$	Steinber i Schiefele, 1988.
SLA	$SLA = 20 - 4,75 \times \sum SLA$	Sladecek, 1986.
CEE	$CEE = 1,9 \times \sum CEE + 1$	Descy i Coste, 1991.
WAT	$WAT = 1,9 \times \sum WAT + 1$	Watanabe i sur., 1986.; Lecointe i sur., 2003.
DI-CH	$DI - CH = 22,714 - 2,714 \times \sum DI - CH$	WPO, 1998.
LOBO	$LOBO = 6,333 \times \sum LOBO - 5,333$	Lobo i sur., 2002.

Metode koje su uspješno interkalibrirane tijekom stručne provjere sadrže indekse kao što su IBD, EPI-D, SI, TI, IPS i TDIL1-20. Svi se navedeni indeksi, osim TDIL1-20 (Stenger-Kovács i sur., 2007.), mogu izračunati pomoću programa OMNIDIA ver. 5.2 (Tablica 11.9). Slično prikazanim indeksima (Tablica 11.9), izračun za indeks TDIL1-20 također se temelji na Zelinka-Marvan jednadžbi (1961.) koju je modifiicirao Coste (1982.). Računalni program DILSTORE (Hajnal i sur., 2009.) sadrži vrijednosti osjetljivosti i pokazatelja za TDIL1-20. Konačni izračun indeksa TDIL1-20 temelji se na sljedećoj jednadžbi (JRC tehničko izvješće, 2014.):

$$TDIL_{1-20} = 3,8 \times \sum TDIL_{1-20} + 1$$

Ocjena ekološkog potencijala umjetnih stajačica Panonske ekoregije predlaže se temeljem izračuna multimetrijskih indeksa (MIL i IPSITI) koji se baziraju na dijatomejskim indeksima koji su prikazani u tablici 9 (JRC Technical Report (2014) i Ács i sur. (2015)). Teorijske vrijednosti ovih multimetrijskih indeksa variraju između 1 i 20.

Tablica 11.10. Predloženi multimetrijski indeksi za ocjenu ekološkog potencijala umjetnih stajaćica Panonske ekoregije.

Tip umjetne stajaćice	Korišteni dijatomejski indeksi	Multimetrijski indeksi	Referentne vrijednosti predloženih indeksa
Vrlo plitka stajaćica	IBD	$MIL = \frac{IBD + EPI - D + TDIL_{1-20}}{3}$	14.4
	EPI-D		
	TDIL ₁₋₂₀		
Plitka stajaćica	IBD	$MIL = \frac{IBD + EPI - D + TDIL_{1-20}}{3}$	14.4
	EPI-D		
	TDIL ₁₋₂₀		
Duboka stajaćica	IBD	$MIL = \frac{IBD + EPI - D + TDIL_{1-20}}{3}$	14.4
	EPI-D		
	TDIL ₁₋₂₀		
Rijeka	IPS	$IPSITI = \frac{IPS + SI + TI}{3}$	16.6
	SI		
	TI		

Vrlo plitke i plitke akumulacije i umjetne stajaćice

Predloženi multimetrijski indeks (MIL) je prošao interkalibracijski proces. Detaljne granične vrijednosti MIL indeksa (Tablica 11.11) nalaze se u službenom izvješću JRC (2014.).

Tablica 11.11. Granične vrijednosti indeksa MIL i OEK plitkih akumulacija i jezera.

ekološkog Kategorije potencijala	Granične vrijednosti indeksa MIL	Granične vrijednosti OEK
Vrlo dobro	≥ 15,2	≥ 0,76
Dobro	11,4-15,19	0,57-0,75
Umjereno	7,6-11,39	0,38-0,56
Loše	3,8-7,59	0,19-0,37
Vrlo loše	<3,8	<0,19

Budući da su očekivane granične vrijednosti OEK jedinstvene za sve zemlje članice EU, ove je vrijednosti potrebno prilagoditi prema napatku Cross GIG Interkalibracije (Tablica 11.12; Ács i sur., 2015.).

Tablica 11.12. Ispravljene granične vrijednosti indeksa MIL i OEK plitkih jezera i akumulacija.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti indeksa MIL	Granične vrijednosti OEK	Jednadžba
Vrlo dobro	$\geq 13,9$	$\geq 0,8$	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Dobro	12,3-13,89	0,6-0,79	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Umjereno	8,2-12,29	0,4-0,59	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Loše	4,1-8,19	0,2-0,39	$OEK = 0,0486 \times MIL$
Vrlo loše	$< 4,1$	$\leq 0,19$	$OEK = 0,0486 \times MIL$

Duboke umjetne stajačice

Predloženi multimetrijski indeks (MIL) je također prošao interkalibracijski proces. Detalji graničnih vrijednosti multimetrijskog indeksa MIL (Tablica 11.13) mogu se pronaći u službenom izvješću JRC (2014.).

Tablica 11.13. Granične vrijednosti indeksa MIL i OEK dubokih stajačica.

Kategorije ekološkog potencijala	MIL granične vrijednosti	OEK granične vrijednosti
Vrlo dobro	$\geq 16,2$	$\geq 0,81$
Dobro	12,4-16,19	0,62-0,80
Umjereno	8,6-12,39	0,43-0,61
Loše	4,8-8,59	0,24-0,42
Vrlo loše	$< 4,8$	$< 0,24$

Budući da su očekivane granične vrijednosti OEK jedinstvene za sve zemlje članice EU, ove je vrijednosti potrebno prilagoditi prema napatku Cross GIG Interkalibracije (Tablica 11.14.; Ács i sur. 2015.).

Tablica 11.14. Ispravljene granične vrijednosti indeksa MIL i OEK dubokih stajaćica.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti indeksa MIL	Granične vrijednosti OEK	Jednadžba
Vrlo dobro	≥ 13,9	≥ 0,8	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Dobro	12,3-13,89	0,6-0,79	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Umjereno	8,2-12,29	0,4-0,59	$OEK = 0,1282 \times MIL - 0,9821$
Loše	4,1-8,19	0,2-0,39	$OEK = 0,0486 \times MIL$
Vrlo loše	<4,1	≤0,19	$OEK = 0,0486 \times MIL$

Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode

Predloženi multimetrijski indeks (IPSITI, Várbíró i sur., 2012.) je prošao interkalibracijski proces. Tablica 11.15. prikazuje rezultate graničnih vrijednosti indeksa IPSITI (Ács i sur., 2015.).

Tablica 11.15. Granične vrijednosti indeksa IPSITI i OEK velikih rijeka.

Kategorije ekološkog potencijala	Granične vrijednosti indeksa IPSITI	Granične vrijednosti OEK	Jednadžba
Vrlo dobro	≥ 16,5	≥ 0,8	$OEK = 0,0556 \times IPSITI - 0,1167$
Dobro	12,9-16,49	0,6-0,79	$OEK = 0,0556 \times IPSITI - 0,1167$
Umjereno	8,6-12,89	0,4-0,59	$OEK = 0,0556 \times IPSITI - 0,1167$
Loše	4,3-8,59	0,2-0,39	$OEK = 0,0465 \times IPSITI$
Vrlo loše	<4,3	≤0,19	$OEK = 0,0465 \times IPSITI$

11.6. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih stajaćica temeljem fitobentosa

U tablici 11.16. prikazane su ocjene ekološkog potencijala temeljem fitobentosa i predložene metodologije, na svim postajama na kojima je uzorkovan fitobentos.

Tablica 11.16. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih akumulacija i umjetnih stajačica temeljem fitobentosa.

Postaja	Indeks	Vrijednost indeksa	OEK	Ekološki potencijal
Biljsko jezero 1	MIL	13,87	0,8	Dobar i bolji
Biljsko jezero 2	MIL	13,19	0,71	Dobar i bolji
Borovik 1	MIL	14,66	0,9	Dobar i bolji
Borovik 2	MIL	13,95	0,81	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec 1	IPSITI	13,6	0,86	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec 2	IPSITI	12,03	0,79	Dobar i bolji
Ak. HE Dubrava 1	IPSITI	13,77	0,87	Dobar i bolji
Ak. HE Dubrava 2	IPSITI	16,57	1	Dobar i bolji
Grabova 1	MIL	14,66	0,9	Dobar i bolji
Grabova 2	MIL	13,59	0,76	Dobar i bolji
Jarun 1	MIL	14,49	0,87	Dobar i bolji
Jarun 2	MIL	14,76	0,91	Dobar i bolji
Jarun 3	MIL	16,69	1	Dobar i bolji
Jošava 1	MIL	12,54	0,63	Dobar i bolji
Jošava 2	MIL	12,48	0,62	Dobar i bolji
Lapovac II 1	MIL	14,57	0,89	Dobar i bolji
Lapovac II 2	MIL	16,06	1	Dobar i bolji
Novo Čiče 1	MIL	16,47	1	Dobar i bolji
Novo Čiče 2	MIL	15,77	1	Dobar i bolji
Pakra 1	MIL	14,72	0,91	Dobar i bolji
Popovac 1	MIL	11,71	0,57	Umjeren
Rakitje 1	MIL	14,77	0,91	Dobar i bolji
Rakitje 2	MIL	15,78	1	Dobar i bolji
Sakadaš 1	MIL	14,01	0,81	Dobar i bolji
Sakadaš 2	MIL	13,02	0,69	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 1	MIL	14,42	0,87	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 2	MIL	14,98	0,94	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 3	MIL	14,82	0,92	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin 1	IPSITI	12,5	0,81	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin 2	IPSITI	11,8	0,78	Dobar i bolji

11.7. Opis fitobentoske zajednice u uvjetima Maksimalnog ekološkog potencijala

Vrlo plitke stajačice

Vrijednost dijatomejskog indeksa MIL je > 13.9 U uzorcima dominiraju vrste koji preferiraju mezotrofne i oligotrofne vodne sustave. Zbog stalnih oscilacija razine vode zajednica dijatomeja na prirodnim supstratima pokazuje rani stadij sukcesije te prevladavaju stanice malih dimenzija vrsta rodova *Achnanthidium* i *Fragilaria*. U sustavima mogu dominirati vrste rodova *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema* i *Cymbella* (*sensu lato*).

Plitke stajaćice

Vrijednost dijatomejskog indeksa MIL je > 13.9 U uzorcima dominiraju vrste koji preferiraju mezotrofne i oligotrofne vodne sustave. Zbog stalnih oscilacija razine vode zajednica dijatomeja na prirodnim supstratima pokazuje rani stadij sukcesije te prevladavaju stanice malih dimenzija vrsta rodova *Achnanthydium* i *Fragilaria*. U sustavima mogu dominirati vrste rodova *Nitzschia*, *Gomphonema* i *Cymbella* (*sensu lato*).

Duboke stajaćice

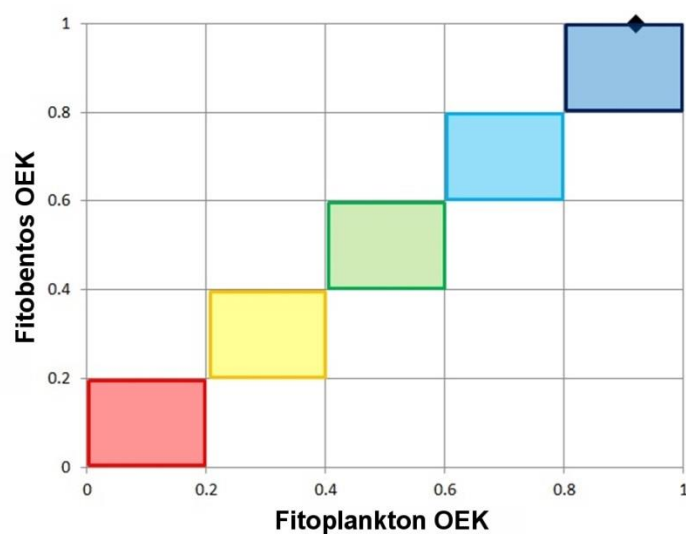
Vrijednost dijatomejskog indeksa MIL je > 13.9 U uzorcima dominiraju vrste koji preferiraju oligotrofne vodne sustave. Zbog stalnih oscilacija razine vode zajednica dijatomeja na prirodnim supstratima pokazuje rani stadij sukcesije te prevladavaju stanice malih dimenzija vrsta rodova *Achnanthydium* i *Fragilaria*.

Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode

Vrijednost dijatomejskog indeksa MIL je > 16.5 U uzorcima dominiraju vrste koji preferiraju mezotrofne i oligotrofne vodne sustave. Zbog stalnih oscilacija razine vode zajednica dijatomeja na prirodnim supstratima pokazuje rani stadij sukcesije te prevladavaju stanice malih dimenzija vrsta rodova *Achnanthydium* i *Fragilaria*. U zajednici bentosa vrlo često dominiraju tipične riječne vrste rodova *Navicula* i *Nitzschia* (*sensu lato*).

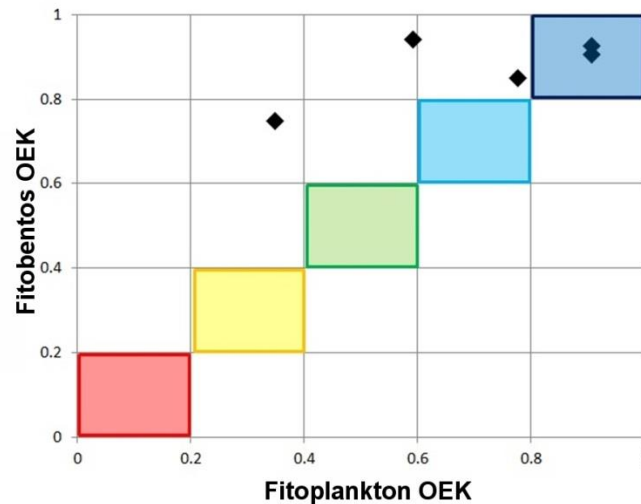
11.8. Usporedba dobivenih rezultata i ocjena ekološkog potencijala temeljem fitoplanktona i bentičkih dijatomeja

Samo jedna stajaćica pripada tipu dubokih stajaćica: šljunčara Novo Čiče. OEK vrijednosti dobivene temeljem fitoplanktona i fitobentosa ukazuju na visoku kakvoću, odnosno dobar i bolji ekološki potencijal (Slika 11.1).



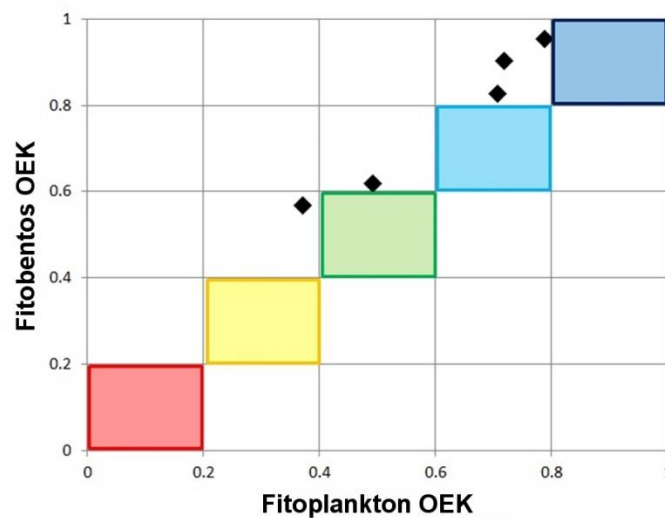
Slika 11.1. Sličnosti i različitosti između vrijednosti OEK za fitoplankton i za fitobentos u dubokoj stajaćici.

Vrijednosti OEK temeljem fitoplanktona i fitobentosa plitkih jezera Panonske ekoregije poprilično se razlikuju (Slika 11.2). Razlog su niže vrijednosti OEK za fitoplankton, s naglaskom da razlike nisu veće od jedne kategorije ekološkog stanja / potencijala. Također, treba napomenuti kako su niže OEK vrijednosti za fitoplankton posljedica lagano povišenih koncentracije klorofila *a* u stajaćicama Sakadaš, Borovik i Lapovac I, što rezultira umjerenim potencijalom za Sakadaš, a dobrim za Borovik i Lapovac I.



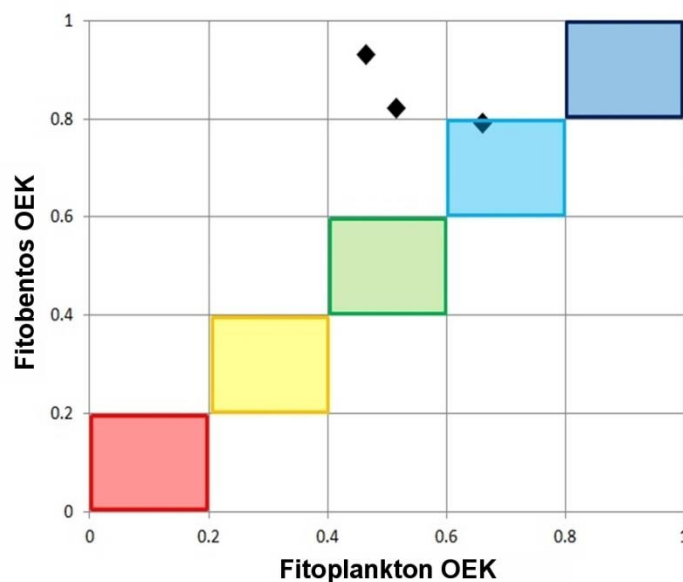
Slika 11.2. Sličnosti i različitosti između vrijednosti OEK za fitoplankton i za fitobentos u plitkim stajaćicama.

OEK vrijednosti temeljem fitoplanktona i fitobentosa u vrlo plitkim stajaćicama razlikuju se za jednu kategoriju kakvoće (Slika 10.3), što je posljedica viših koncentracija klorofila *a* u pojedinim stajaćicama. Važno je naglasiti da je biomasa cijanobakterija (sa kodonima M, H1, S1 i SN i niskim vrijednostima F faktora) (npr. *Microcystis* spp., *Anabaena* spp., *Aphanizomenon* spp., *Pseudanabaena limnetica*) bila visoka u stajaćicama Pakra, Popovac i Grabovo.



Slika 11.3. Sličnosti i različitosti između vrijednosti OEK za fitoplankton i za fitobentos u vrlo plitkim stajaćicama.

Najveće razlike između vrijednosti OEK za fitoplankton i za fitobentos zabilježene su u akumulacijama na velikim rijekama Panonske ekoregije (Slika 11.4). U ovom slučaju razlike prelaze čak dvije kategorije ekološkog stanja (osim u slučaju akumulacije HE Varaždin), što je posljedica povišenih koncentracija klorofila *a* ili povećane biomase vrsta koje pripadaju funkcionalnim grupama s manjim vrijednostima faktora F (npr. *Peridinium* sp. - L₀, *Anabaena* sp. - H1) ili oboje.



Slika 11.4. Sličnosti i razlike između vrijednosti OEK za fitoplankton i za fitobentos u akumulacijama na velikim rijekama.

11.9. Odnos omjera ekološke kakvoće i fizikalno-kemijskih pokazatelja

U Panonskoj ekoregiji definirana su 4 biotička tipa: duboke umjetne stajaćice, plitke akumulacije i umjetne stajaice, vlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice, akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode. Budući da samo jedna stajaćica pripada tipu dubokih umjetnih stajaćica, nije moguć nikakav izračun korelacija između OEK i pojedinih fizikalno-kemijskih pokazatelja.

U plitkim akumulacijama i umjetnim stajaćicama kemijska potrošnja kisika (KPK) snažno i negativno korelira s OEK za fitoplankton i fitobentos. Nadalje, električna vodljivost također korelira s OEK za fitobentos. No, nema jasne korelacije između OEK za fitoplankton i fitobentos s pokazateljima hranjivih tvari (anorganski dušik i ortofosfati) (Tablice 11.17 i 11.19). Navedena situacija izravna je posljedica male baze podataka te u slučaju da vrijednosti pojedinih pokazatelja snažno odstupaju od regresijskog pravca (eng. outlier) u samo jednoj od akumulacija, neće biti značajne povezanosti između parametara koji se uspoređuju. Tako primjerice vrijednost anorganskog dušika u jezeru Jarun relativno je visoka (1.32 mgN/L) i značajno odstupa od regresijskog pravca. Izostavljanjem jezera Jarun iz kalkulacija, hranjive tvari (anorganski dušik i ortofosfat) snažno negativno koreliraju s OEK za fitoplankton i fitobentos (Tablice 11.18 i 11.20).

U slučaju vrlo plitkih akumulacija, zabilježena je snažna negativna korelacija između anorganskog dušika, ortofosfata i KPK te OEK za fitoplankton i fitobentos (Tablice 11.17 i 11.19).

U akumulacijama na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode, zabilježena je snažna negativna korelacija između OK za fitoplankton i električne vodljivosti te OEK za fitobentos s KPK i ortofosfata. S druge strane zabilježena je i snažna pozitivna korelacija između OEK za fitoplankton te anorganskog dušika, ortofosfata i KPK. Snažna pozitivna korelacija prisutna je i između OEK za fitobentos i električne vodljivosti (Tablice 11.17 i 11.19).

Tablica 11.17. Korelacije (r^2) između OEK za fitoplankton i pojedinih fizikalno-kemijskih pokazatelja u različitim tipovima stajačica Panonske ekoregije. Relevantni odnosi između OEK za fitoplankton i fizikalno-kemijskih parametara masno su otisnuti (*1- duboke umjetne stajačice, 2- plitke akumulacije i umjetne stajačice, 3- vrlo plitke stajačice i umjetne stajačice, 4- akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode).

Tip stajačice *	1	2	3	4
broj podataka	1	5	5	3
anorganski N (mgN/L)	-	0.094	0.696	0.241
tip korelacije		pozitivna	negativna	pozitivna
PO₄³⁻ (mgP/L)	-	0.064	0.306	0.979
tip korelacije		negativna	pozitivna	negativna
KPK (mgO₂/L)	-	0.696	0.809	0.954
tip korelacije		negativna	negativna	pozitivna
vodljivost (μS/cm)	-	0.01	0.306	0.979
tip korelacije		negativna	pozitivna	negativna

Tablica 11.18. Korelacije (r^2) između OEK za fitoplankton i pojedinih fizikalno-kemijskih pokazatelja u plitkim akumulacijama i umjetnim stajačicama* (Tip stajačice 2), nakon isključivanja jezera Jarun iz analize. Relevantni odnosi između OEK za fitoplankton i fizikalno-kemijskih parametara masno su otisnuti.

Tip stajačice *	2
broj podataka	4
anorganski N (mgN/L)	0.329
tip korelacije	negativna
PO₄³⁻ (mgP/L)	0.882
tip korelacije	negativna
KPK (mgO₂/L)	0.622
tip korelacije	negativna
vodljivost (μS/cm)	0.129
tip korelacije	negativna

Tablica 11.19. Korelacije (r^2) između OEK za fitobentos i pojedinih fizikalno-kemijskih pokazatelja u različitim tipovima stajaćica Panonske ekoregije. Relevantni odnosi između OEK za fitobentos i fizikalno-kemijskih parametara masno su otisnuti (*1- duboke umjetne stajaćice, 2- plitke akumulacije i umjetne stajaćice, 3- vrlo plitke stajaćice i umjetne stajaćice, 4- akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode).

Tip stajaćice *	1	2	3	4
broj podataka	1	5	5	3
anorganski N (mgN/L)	-	0.024	0.657	0.006
tip korelacije		pozitivna	negativna	pozitivna
PO₄³⁻ (mgP/L)	-	0.079	0.351	0.997
tip korelacije		negativna	negativna	negativna
KPK (mgO₂/L)	-	0.214	0.691	0.481
tip korelacije		negativna	negativna	negativna
vodljivost (μS/cm)	-	0.267	0.162	0.551
tip korelacije		negativna	pozitivna	pozitivna

Tablica 11.20. Korelacije (r^2) između OEK za fitobentos i pojedinih fizikalno-kemijskih pokazatelja u plitkim akumulacijama i umjetnim stajaćicama, nakon isključivanja jezera Jarun iz analize. Relevantni odnosi između OEK za fitoplankton i fizikalno-kemijskih parametara masno su otisnuti.

Tip stajaćice *	2
broj podataka	4
anorganski N (mgN/L)	0.594
tip korelacije	negativna
PO₄³⁻ (mgP/L)	0.691
tip korelacije	negativna
KPK (mgO₂/L)	0.151
tip korelacije	negativna
vodljivost (μS/cm)	0.523
tip korelacije	negativna

Literatura

- Ács É., Borics G., Kiss K.T., Várbíró G. 2015. Módszertani útmutató a fitobentosz élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és feldolgozásához. pp. 51. (in Hungarian)
- Borics, G., Varbiró G., Grigorszky I., Krasznai E., Szabo S., Tihamer K.K. 2007. A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Archiv fur Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers* 17: 465–486.
- Borics G., Wolfram G., Chiriac G., Belkinova D., Donabaum K. 2016. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Eastern Continental Lakes BQE: Phytoplankton. JRC Technical Reports. pp25.
- Borics G., Ács É., Görgényi J., Bolgovics Á., Trábert Z., Várbíró G., Béres V. 2018. Assessment of ecological potential of Croatian reservoirs based on phytoplankton and benthic diatoms. MTA Centre for Ecological Research, Danube Research Institute.
- Carvalho L., Poikane S., Lyche Solheim A., Phillips G., Borics G., Catalan J., De Hoyos C., Drakare S., Dudley B.J., Järvinen M., Laplace-Treyture Ch., Maileht K., McDonald C., Mischke U., Moe J., Morabito G., Noges P., Noges T., Ott I., Pasztaleniec A., Skjelbred B., Thackeray S.J. 2013. Strength and uncertainty of phytoplankton metrics for assessing eutrophication impacts in lakes. *Hydrobiologia*, 704: 127-140.
- Kelly M., Ács E., Bertin V., Bennion H., Borics G., Burgess A., Denys L., Ecke F., Kahlert M., Karjalainen Saatu M., Kennedy B., Marhetto A., Morin S., Picinska - Faltynowicz J., Phillips G., Schönfelder I., Schönfelder J., Urbanic G., Van Dam H., Zalewsky T., Poikane S. 2015. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report; Lake Phytobenthos ecological assessment methods. JRC Technical reports pp.140.
- Padisak, J., Borics G., Grigorszky I., Soroczki-Pinter E. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the water framework directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553: 1–14.
- Poikane S., van den Berg M., Hellsten S., de Hoyos C., Ortiz-Casas J., Pall K., Portielje R., Phillips G., Solheim A.L., Tierney D., Wolfram G., van de Bund W. 2011. Lake ecological assessment systems and intercalibration for the European Water Framework Directive: aims, achievements and further challenges. *Procedia Environmental Sciences*, 9:153-168.
- Reynolds C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Várbíró G., Borics G., Csányi B., Fehér G., Grigorszky I., Kiss K.T., Tóth A., Ács É. 2012. Improvement of the ecological water qualification system of rivers based on first results of the Hungarian phytobenthos surveillance monitoring. *Hydrobiologia* 695:125-135.

12. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAČICA I AKUMULACIJA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA

Za izradu sustava ocjene ekološkog potencijala temeljem makrozoobentosa litoralne zone (a ne profundalne zone) odlučili smo se jer navedeno sukladno s većinom europskih zemalja (uključujući i susjednu zemlju Mađarsku), što će u budućnosti omogućiti interkalibraciju i međusobnu usporedbu metoda i granice klasa. Makrozoobentos litoralne zone stajačica potencijalno je pokazatelj više pritisaka; eutrofikacije, poribljavanja i hidromorfoloških promjena.

Prilikom izrade sustava ocjene ekološkog stanja / potencijala pojedinih slatkovodnih ekosustava važno je uključiti tipološke abiotičke parametre i pokazatelje pojedinih pritisaka. Pri odabiru tipoloških abiotičkih parametara važno je izdvojiti one koje značajno utječu na sastav i strukturu makrozoobentosa.

Gradijent stresora osnovna je pretpostavka za izradu multimetričkog sustava ocjene ekološkog stanja / potencijala slatkovodnih ekosustava: raspon istraživanih postaja treba sezati od referentnih (bez prisutnih stresora ili u granicama referentnih uvjeta) do vrlo loših (antropogeno potpuno degradirana staništa). U slučaju kada ovakav gradijent staništa nije dostupan, pribjegava se multiplom linearnom modelu koji ekstrapolira referentne uvijete. Hering i sur. (2006) u stvaranju sinteze okolišnih parametara sugeriraju sljedeće varijable:

- Različite mjere koncentracije kisika kao mogućeg pokazatelja organskog opterećenja

U slučaju kada se uzorkuje makrozoobentos litorala kisik najčešće nije ograničavajući čimbenik, što potvrđuju i rezultati uzorkovanja vode litoralne zone akumulacije Panonske ekoregije (konc. kisika je uvijek veća od 8 mg/L).

- Podaci koji upućuju na trofičko stanje kao što su fosfati i nitrati

Fosfati su korelirali s vrlo malim brojem metrika (koje su na posljetku bile isključene - proces isključivanja vidljiv je dalje u tekstu) dobivenih temeljem zajednice makrozoobentosa istraživanih akumulacija u RH, stoga smo koristili indirektan pokazatelj eutrofikacije koji upućuje na trofičko stanje sustava - *Chl-a*. Navedeni parametar pokazuje jasnu linearnu korelaciju s ukupnim fosforom i ukupnim dušikom temeljem velike interkalibracijske baze podataka za europska jezera (Phillips et al., 2008).

- Morfološke karakteristike postaja

Najbolji pokazatelji koji dobro koreliraju s pojedinim metrikama temeljenim na sastavu i strukturi makrozoobentosa hrvatskih akumulacija su srednja dubina, nadmorska visina i volumen stajačice.

- Podaci o hidromorfološkom pritisku

Ovaj tip podataka isključen je iz razmatranja budući da je uzrok hidromorfoloških pritisaka vezan upravo za postanak (i/ili namjenu) istraživanih umjetnih stajačica (brane, oscilacije vodostaja, degradirane obale i sl.).

- Podaci o zemljišnom pokrovu slivnog područja

U ovom elaboratu korišteni su podaci o udjelu neprirodnog zemljišnog pokrova koji objedinjuje sljedeće parametre: Urbana i umjetna područja u slijevu (CLC razred 1) ; Intenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.1, 2.2, 2.4.1 i 2.4.2); Ekstenzivna poljoprivreda (CLC kategorije 2.3.1, 2.4.3, 2.4.4); Prirodna i djelomično prirodna područja (CLC kategorije 3, 4 i 5).

- Dodatni parametri/stresori

U ovom elaboratu kao dodatni pritisak analizirana je biomasa riba (ihtiomasa). Granične vrijednosti za referentna stanja izračunata prema granicama za ukupni fosfor (Gassner i sur., 2003).

12.1. Baza podataka

Za izradu sustava ocjene ekološkog potencijala umjetnih stajaćica Panonske ekoregije korištena je proširena baza podataka: osim podataka o sastavu i gustoći populacija makrozoobentosa stajaćica Panonske ekoregije, korišteni su podatci o sastavu i gustoći populacija odabranih akumulacija Dinaridske ekoregije (Bajer, Butoniga, Golubić, Gusić polje, Lepenica, Lešće, Njivice, Opsenica, Ponike, Pranjčevići, Prološko blato, Tribalj i Vlačine). Za statističku analizu koristili smo prikupljene podatke makrozoobentosa s akumulacija i postaja za koje smo procijenili da su reprezentativne za ocjenu utjecaja eutrofikacije i poribljavanja. Stoga, za izradu statističkog modela nismo uključili podatke koji su prikupljeni u akumulacijama koje se odlikuju s velikim oscilacijama vodostaja te posljedično imaju „siromašne“ zajednice makrozoobentosa (Peruča, Kruščica, Lokvarka i Ričice). U statističku analizu nismo uključili niti podatke o sastavu i strukturi makrozoobentosa u akumulacijama Dinaridske ekoregije koje su prikupljene s postaja koja su imale morfološki izmijenjenu obalu te s postaja gdje su uzorci prikupljeni s tehnolitala uz brane i nasipe. Proširenu bazu podataka smo koristili kako bismo imali dostatnu količinu podataka i bili u mogućnosti izraditi statistički model.

12.2. Izračun metrika

Temeljem kvalitativnih i kvantitativnih podataka o zajednici makrozoobentosa moguće je pomoću određenih računalnih programa izračunati niz metrika (indeksa) koje su odraz strukture, raznolikosti i funkcioniranja zajednice makrozoobentosa. Metrike su izračunate pomoću programa Asterics 4.04. Izračunato je ukupno 376 metrika za ocjenu stanja ekološke kakvoće, koje spadaju u četiri glavne kategorije:

1. Metrike koje se odnose na funkcionalne kategorije koje prema Schmedtje i Colling (1996) spadaju u pet dodatnih kategorija:
 - a) Preferencije prema određenoj zoni (npr. eukrenal, epirital, litoral.. i sl.)
 - b) referencije prema brzini strujanja (Type LB-limnobiont, Type RB- reobiont)
 - c) Preferencije prema supstratu/mikrostaništu (Type pel- pelal, Type psa-psamal i sl.)
 - d) Prehrambeni tipovi (udio sakupljača, udio filtratora i sl.)

- e) Tipovi s obzirom na način kretanja (udio plivača, udio (semi)sesilnih jedinki i sl.)
2. Metrike koje se odnose na kompoziciju, odnosno abundanciju pojedinih svojti. Ove metrike daju informaciju o udjelu pojedine skupine (taksona) u odnosu na ukupnu abundanciju bentoskih makrobekraljeznjaka.
 3. Treća skupina metrika ukazuje na raznolikost zajednice: npr. Simpson, Shannon – Wiener, Margalef indeksi raznolikosti i sl.
 4. Metrike osjetljivosti/tolerantnosti: metrike koje uključuju svojte koje su poznate kao indikatori, odnosno osjetljive na pojedine pritiske.

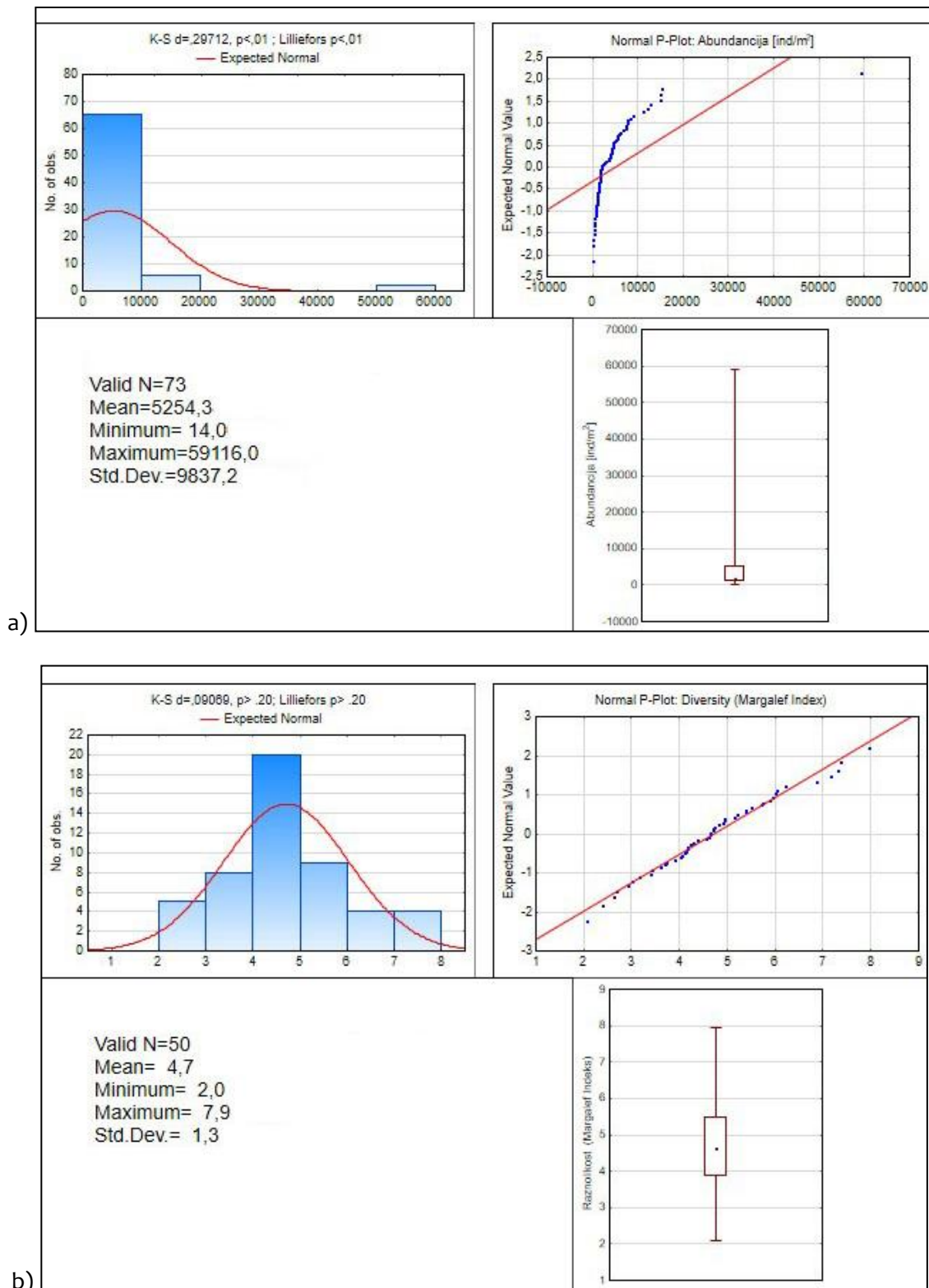
12.3. Selekcija metrika (indeksa)

Slijedeći korak podrazumijeva odabir nekoliko metrika koje najbolje reagiraju na odabrane tipološke abiotičke pokazatelje i pritiske.

Prvi kriterij isključivanja pojedinih metrika bila je dostatna količina podataka. Za neke metrike, ponuđena baza nije pružala dovoljnu količinu informacija ili nije sadržavala ključne indikatorske svojte te one nisu izračunate za sve istraživane akumulacije i postaje. Prvim kriterijem isključeno je 197 metrika nakon čega ostaje na odabir 179 metrika.

U drugom kriteriju odabira metrika isključene su sve metrike koje se ne odnose na istraživani tip staništa - stajaćice. U ovom koraku isključene su metrike poput *Rhithron Type* indeksa i sve one koje se prvenstveno odnose na tekućice te su preostale 93 metrike za razmatranje.

Vrijednosti preostalih metrika testirane su u programu Statistica 12.0 software package (StatSoft Inc. 2013) za normalnu i/ili linearnu raspodjelu (Slika 12.1). Nakon isključivanja metrika bez normalne ili linearne raspodjele ostalo je 27 metrika - potencijalnih kandidata za ocjenu ekološkog potencijala istraživanih akumulacije temeljem makrozoobentosa.



Slika 12.1. Testiranje metrika na normalnu i linearnu raspodjelu. a) primjer metrike (abundancija makrozoobentosa jedinki/m²) koja nema normalnu niti linearnu raspodjelu; b) metrika koja ima normalnu i linearnu raspodjelu.

12.4. Varijable okoliša i pritisci

Sastav zajednice makrozoobentosa odraz je ekoloških prilika koje vladaju na staništu uključujući i različite stresore: organsko i anorgansko onečišćenje, toksične tvari, kiselost te hidromorfološke promjene. Tipološke karakteristike koje mogu značajno utjecati na sastav i strukturu zajednice makrozoobentosa su srednja dubina, nadmorska visina, veličina i volumen stajaćice, te strujanje vode i drift ukoliko se radi o akumulacijama koje su formirane pregradnjom rijeka.

Kao glavni okolišni parametri za koje je procijenjeno da značajno utječu sa sastav i strukturu makrozoobentosa su: srednja dubina (D_{sred}), nadmorska visina (n.m.v.) te volumen vodnog tijela (Vol).

Hidromorfološki pritisak ima iznimno značajan utjecaj na makrozoobentos litorala prije svega u akumulacijama koje se odlikuju velikim godišnjim kolebanjima vodostaja. No navedeni pritisak je najčešće uzrok proglašavanja znatno pomijenjenog vodnog tijela u kojem se određuje ekološki potencijal, stoga smatramo da u akumulacijama gdje je hidrološki pritisak ključan i uzrokom je relativno siromašne zajednice makrozoobentosa, često uz male gustoće populacija, makrozoobentos nije relevantan za ocjenu ekološkog stanje. Ako isključimo hidromorfološki pritisak, ključni pritisci koji značajno utječu na makrozoobentos litorala istraživanih akumulacija su eutrofikacija i poribljavanje. Kao pokazatelji navedenih pritisaka odabrane su slijedeće varijable: NZP (postotak neprirodnog zemljišnog pokrova u slivnom području vodnog tijela), chl-*a* (koncentracija klorofila *a* u $\mu\text{g/L}$) te ihtiomasa (masa ribe po hektaru površine stajaćice).

12.5. Testiranje metrika obzirom na stresore i odabrane abiotičke parametre

Vrijednosti metrika i pokazatelja stresora transformirane su prije testiranja. Metrike i varijable izražene u postotnom udjelu transformirane su funkcijom: $\sin^{-1}(\sqrt{X})$. Indeksi raznolikosti (Margalef, Simpson i sl.) nisu transformirani, dok su sve ostale metrike logaritmirane: $\log(X+1)$.

Pearson-ovim koeficijentom korelacije utvrđen je međuodnos stresora, abiotičkih parametara i pojedinih metrika. Metrike koje nisu statistički značajno korelirale ($r > 0,4$; $p < 0,05$) niti s jednom okolišnom varijablom (njih jedanaest) isključene su iz odabira (Hering i sur. 2006).

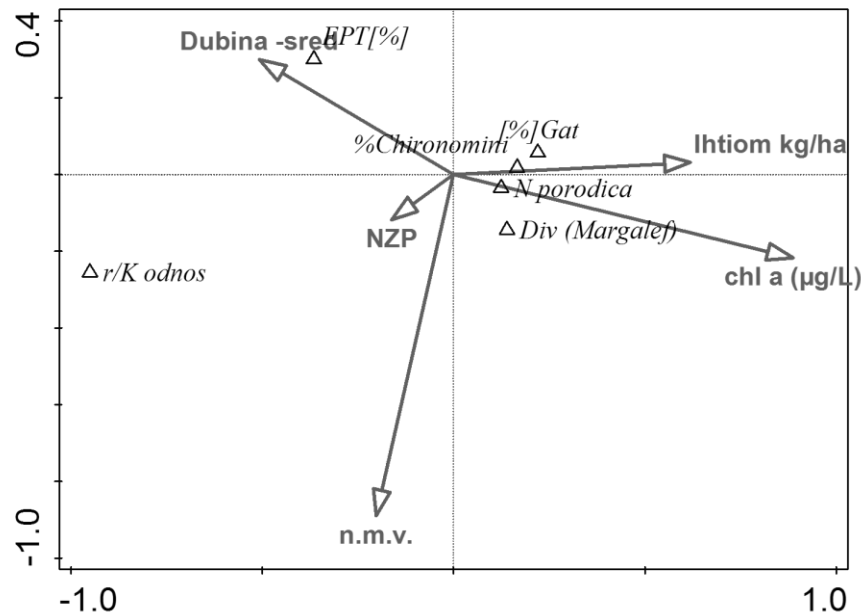
12.6. Redundantnost

Metrike su dalje međusobno testirane Spearman-ovim testom korelacije (Tablica 12.1) kako bi se utvrdila moguća redundantnost među metrikama: ako je koeficijent korelacije među metrikama veći od 0,8 smatra se da metrike na sličan način reagiraju na stresore i varijable okoliša te se jedna od tih metrika isključuje iz daljnjeg razmatranja.

Tablica 12.1. Testiranje metrika na redundantnost. Jedan iz para metrika sa koeficijentom korelacije $r > 0,8$ ($p < 0,05$) isključuju se iz daljnjeg razmatranja kriterijem redundantnosti.

Variable	German Saprobic Index	BMWP Score	Ntaxa	BMWP (Hungarian version)	Shannon-Wiener-Index	Margalef Index	Evenness	r/K relationship	[%] Type Pel	[%] Type Psa	Gatherers/Collectors	EPT [%]	OD/Total-Taxa	N of Families	Croatia Saprobic Index HRIS	[%] chironomini
German Saprobic Index	1,000															
BMWP Score	-0,365	1,000														
Ntaxa	-0,311	0,960	1,000													
BMWP (Hungarian version)	-0,377	0,987	0,959	1,000												
Shannon-Wiener-Index	-0,029	0,313	0,330	0,523	1,000											
Margalef Index	-0,120	0,784	0,814	0,771	0,611	1,000										
Evenness	0,038	-0,263	-0,255	-0,262	0,692	-0,024	1,000									
r/K relationship	-0,075	0,183	0,253	0,227	0,174	0,155	0,043	1,000								
[%] Type Pel	0,219	-0,185	-0,178	-0,174	0,127	-0,154	0,210	0,089	1,000							
[%] Type Psa	0,161	-0,213	-0,229	-0,203	0,044	-0,182	0,209	-0,025	0,814	1,000						
Gatherers/Collectors	0,206	-0,137	-0,129	-0,142	-0,096	-0,202	-0,057	0,130	0,738	0,599	1,000					
EPT [%]	-0,450	0,185	0,069	0,161	0,079	0,010	0,247	-0,048	0,007	0,142	-0,058	1,000				
OD/Total-Taxa	0,429	-0,641	-0,678	-0,663	0,012	-0,340	0,165	-0,269	0,101	0,053	0,121	-0,363	1,000			
N of Families	-0,311	0,873	0,900	0,907	0,333	0,793	-0,285	0,251	-0,123	-0,158	-0,178	0,061	-0,632	1,000		
Croatia Saprobic Index HRIS	0,216	0,260	0,290	0,250	0,040	0,239	-0,341	-0,202	-0,059	-0,225	0,000	-0,307	0,069	0,252	1,000	
[%] chironomini	-0,023	0,254	0,278	0,266	0,144	0,206	0,126	0,236	-0,215	-0,149	-0,131	-0,106	-0,242	0,174	-0,068	1,000

Nakon isključivanja dodatne četiri metrike kriterijem redundantnosti, CCA analizom testirano je koje metrike najsnažnije odgovaraju na okolišne varijable i pritiske (Slika 12.2).



Slika 12.2. CCA Analiza između potencijalnih metrika (EPT%; Magelaf diversity, Number of families, %Chironomini, %Gatherers/Collectors, r/K odnos) i varijabli okoliša (srednja dubina, n.m.v.) te stresora (neprirodni zemljišni pokrov = NZP, ihtiomasa, Chl-a).

Temeljem rezultata CCA analize odabrane su abiotičke varijable za ocjenu ekološkog potencijala. Prema odabranim varijablama konstruiran je model abiotičkih parametara (koji predstavljaju skup abiotičkih uvjeta) i stresora koji utječu na ekološku kakvoću staništa:

$$\text{Metrika} \sim D_{\text{sred}} + n.m.v. + Vol + Ihtomasa + NZP + Chl-a$$

Zadnji kriterij odabira metrika bio je da metrika statistički značajno reagira s barem jednom od navedenih varijabli u multiploj linearnoj regresiji (Tablica 12.2).

Tablica 12.2. Model multiple linearne regresije metrika i okolišnih uvjeta te stresora (n.m.v. = nadmorska visina; NZP = neprirodni zemljišni pokrov unutar slivnog područja, %).

Metrika	Odsječak na ordinati	Uvjeti okoliša			Pritisci / stresori		
		Srednja dubina	n.m.v.	Volumen	Ihtomasa	NZP	Chl-a
N porodica	***1,6092	0,204	0,2068	-0,1773	*** -0,2413	*0,062	-0,0222
Indeks raznolikosti - Margalef	**7,5332	-3,0467	-1,8849	2,25672	** -1,5419	0,5443	-0,0615
% Chironomini	*-0,2544	*0,7116	*0,6767	*-0,6462	0,0287	0,0243	*0,0383

12.7. Biotički tipovi umjetnih stajaćica

Metrikama temeljenim na sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa utvrdili smo dva biotička tipa umjetnih stajaćica i akumulacija:

1. Vrlo plitke stajaćice
2. Plitke stajaćice

Stajaćice sa kratkim vremenom zadržavanja vode također su svrstane u jedan od dva sustava ocjenjivanja (vrlo plitke i plitke), jer se odlikuju zajednicom makrozoobentosa karakterističnom za lentička staništa.

Prema izrađenom linearnom modelu temeljenom na podacima umjetnih stajaćica iz obje regije (Dinaridske i Panonske) izračunate su referentne vrijednosti za ocjenu ekološkog potencijala temeljem makrozoobentosa. Referentne vrijednosti za ocjenu ekološkog potencijala izračunate su za svaku metriku u svakom tipu stajaćice s granicama referentnih uvjeta koje su preuzeti iz literature (odnos ihtiomase (kg/ha) i referentnih vrijednosti ukupnog fosfora) (Gassner et al., 2003) i relevantnih tipova završenih interkalibracijskih grupa, unutar članica EU (Tablica 12.3).

Tablica 12.3. Referentne vrijednosti pritisaka korištene pri izračunu referentnih vrijednosti metrika za ocjenu ekološkog potencijala.

Ekoregija +Tip stajačice/ Pritisak	Ihtiomasa (kg/ha)	NZP (%)	Chl-a (µg/L)
Vrlo plitke stajačice	90	10	7,4
Plitke stajačice	90	10	3,8

Predlažemo da se nastavi s redovitim godišnjim monitoringom akumulacija u vegetacijskoj sezoni, kako bi se dobila dovoljno velika baza za formiranje vlastitih referentnih uvjeta za vrijednosti ukupnog fosfora i Chl-a.

Iz ranije spomenutog modela (Tablica 12.2.) i granica referentnih vrijednosti abiotičkih parametara (Tablica 12.3.) ekstrapolirane su granične vrijednosti referentnih uvjeta za svaku metriku u svakom biotičkom tipu stajačice, dok su minimalne vrijednosti stvarne (izračunate) vrijednosti unutar pojedinog tipa stajačice. Za metrike čija vrijednost raste s porastom vrijednosti stresora (postotak jedinki svojte Chironomini) referentne vrijednosti manje su od minimalnih. Transformirane su vrijednosti metrika N porodica ($\log(x+1)$) i % Chironomini ($\sin^{-1}(x^2)$) dok su vrijednosti Margalef indeksa ostavljene u izvornom obliku („sirove vrijednosti“ (Tablica 12.4)).

Tablica 12.4. Referentne i minimalne vrijednosti metrika potrebnih za izračun multimetričkog indeksa.

Tip /Metrika	N porodica		Margalef indeks		% Chironomini	
	Ref	Min	Ref	Min	Ref	Min
Vrlo plitke stajačice	1,187	0,845	4,882	2,388	-0,184	0,24
Plitke stajačice	1,123	0,699	4,488	1,895	-0,171	0,46

Ocjena ekološkog potencijala po pojedinoj postaji određenog tipa stajačice izračunava se na sljedeći način:

za metrike čija vrijednost pada s porastom vrijednosti (utjecaja) stresora (broj porodica i Margalef indeks raznolikost).

$$OEK = \frac{OEK_{rez} (vrijednost\ na\ postaji) - OEK_{min} (minimalna\ vrijednost\ unutar\ tipa\ stajačice)}{OEK_{ref} (ekstrapolirana\ vrijednost) - OEK_{min} (minimalna\ vrijednost\ unutar\ tipa\ stajačice)}$$

za metrike čija vrijednost raste s porastom vrijednosti stresora (postotak jedinki svojte Chironomini) ocjena ekološkog potencijala izračunata je na sljedeći način:

$$OEK = 1 + \frac{OEK_{rez} (vrijednost\ na\ postaji) - OEK_{min} (minimalna\ vrijednost\ unutar\ tipa\ stajačice)}{OEK_{ref} (ekstrapolirana\ vrijednost) - OEK_{min} (minimalna\ vrijednost\ unutar\ tipa\ stajačice)}$$

Svim vrijednostima OEK koje su veće od 1 dodijeljena je vrijednost 1 i svim negativnim vrijednostima dodijeljena je vrijednost 0 (vrijedi samo za metriku % Chironomini).

Vrijednosti OEK svrstane su u pet kategorija ekološkog potencijala (Tablica 12.5).

Tablica 12.5. Ocjena ekološkog potencijala temeljem vrijednosti OEK.

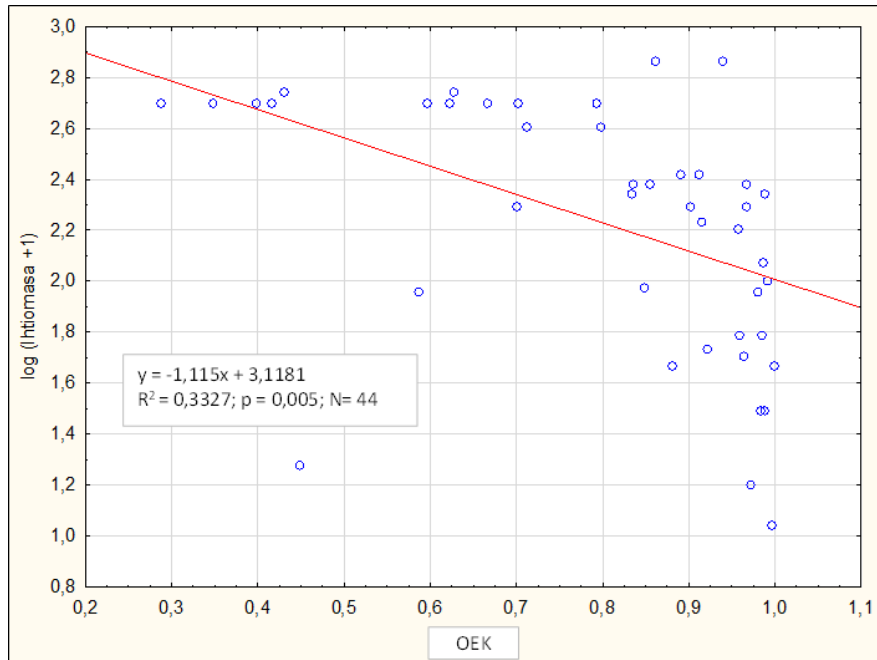
Vrijednost OEK	Ocjena ekološkog potencijala
0,6 - 1	Dobar i bolji
0,4 - 0,6	Umjeren
0,2 - 0,4	Loš
0 - 0,2	Vrlo loš

Konačna ocjena ekološkog potencijala izračunava se kao srednja vrijednost OEK sve tri metrike:

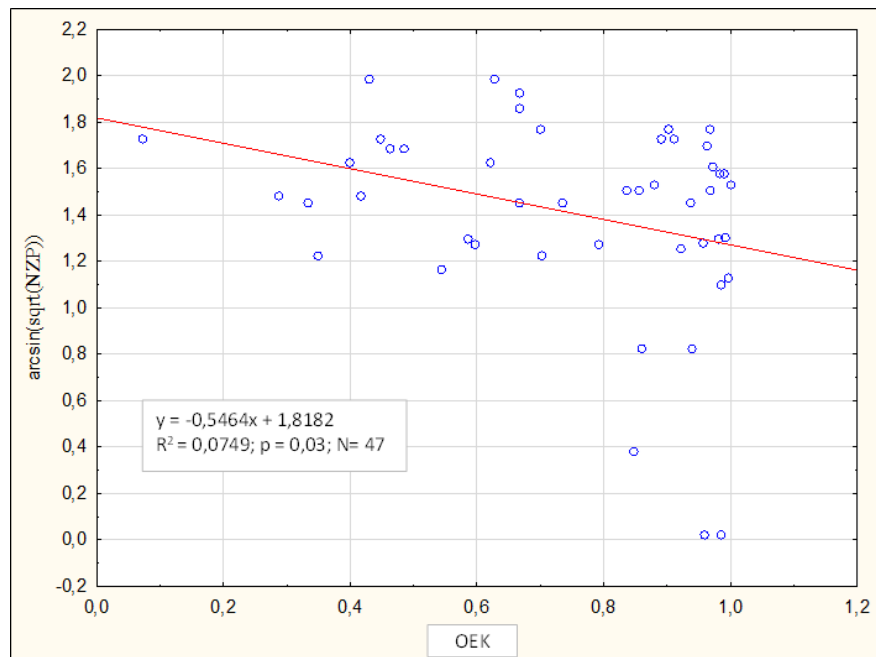
$$OEK = \frac{OEK \text{ N porodica} + OEK \text{ Margalef} + OEK \% \text{ Chironomini}}{3}$$

Predloženi multimetrički indeks reagira na način da se u uvjetima povećanih pritisaka (eutrofikacija i poribljavanje) smanjuje vrijednost metrika broj (N) porodica i Margalefov indeks raznolikosti, a u uvjetima višeg stupnja eutrofikacije povećava se udio tolerantnog plemena Chironomini (Diptera-Chironomidae).

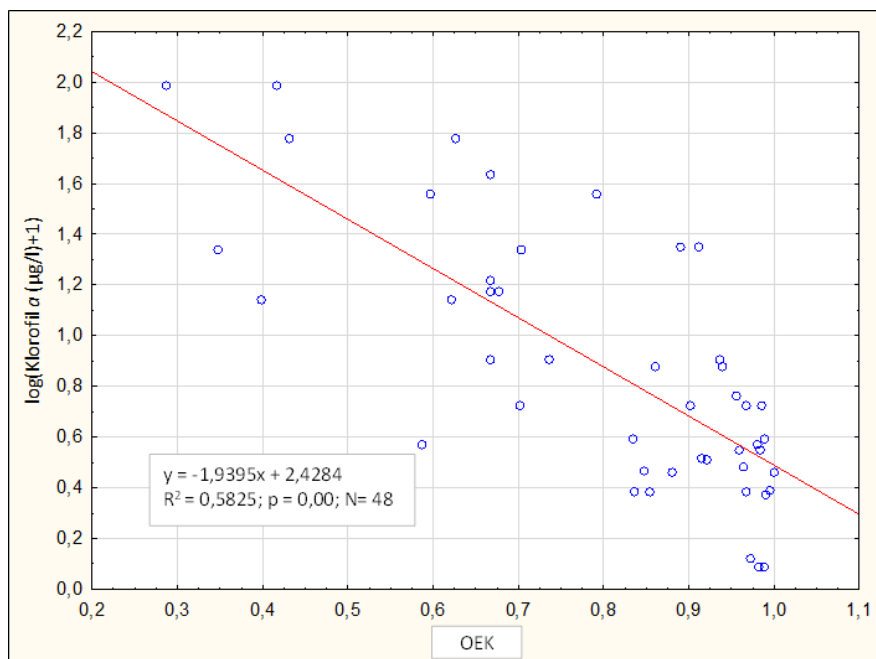
Konačni test sustava evaluacije istraživanih stajaćica napravljen je usporedbom vrijednosti OEK i transformiranih vrijednosti stresora: Ihtiomasa (Slika 12.3), Neprirodni zemljišni pokrov (NZP) (Slika 12.4) i Koncentracija klorofila *a* (Slika 12.5). Svi jednostavni modeli linearne regresije statistički su značajni.



Slika 12.3. Jednostavna linearna regresija OEK vrijednosti razvijenog multimetričkog sustava evaluacije i logaritamski transformirane vrijednosti pritiska: ihtiomasa (kg/ha).



Slika 12.4. Jednostavna linearna regresija OEK vrijednosti razvijenog multimetričkog sustava evaluacije i $\sin^{-1}(\sqrt{VX})$ transformirane vrijednosti pritiska: NZP (Neprirodni zemljišni pokrov, %).



Slika 12.5. Jednostavna linearna regresija OEK vrijednosti razvijenog multimetričkog sustava evaluacije i logaritamski transformirane vrijednosti pritiska: koncentracija klorofila *a* ($\mu\text{g/L}$).

12.8. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih stajaćica temeljem makrozoobentosa

U tablici 12.6 prikazane su vrijednosti pojedinih metrika i omjera ekološke kakvoće za reprezentativne postaje u istraživanim stajaćicama.

Tablica 12.6. Ocjena ekološkog potencijala istraživanih akumulacija temeljem makrozoobentosa.

Postaja	Indeks	Vrijednost indeksa	OEK	Ekološki potencijal
Biljsko jezero 1	HMIJ*	0,8	0,8	Dobar i bolji
Biljsko jezero 2	HMIJ	0,71	0,71	Dobar i bolji
Borovik 1	HMIJ	0,86	0,86	Dobar i bolji
Borovik 2	HMIJ	0,94	0,94	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec 1	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Ak. HE Čakovec 2	HMIJ	0,68	0,68	Dobar i bolji
Ak. HE Dubrava 1	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Ak. HE Dubrava 2	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Grabova 1	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Grabova 2	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Jarun 1	HMIJ	0,9	0,9	Dobar i bolji
Jarun 2	HMIJ	0,97	0,97	Dobar i bolji
Jarun 3	HMIJ	0,7	0,7	Dobar i bolji
Jošava 1	HMIJ	0,43	0,43	Umjeren

Tablica 12.6. Nastavak

Postaja	Indeks	Vrijednost indeksa	OEK	Ekološki potencijal
Jošava 2	HMIJ	0,63	0,63	Dobar i bolji
Lapovac 1	HMIJ	0,7	0,7	Dobar i bolji
Lapovac 2	HMIJ	0,35	0,35	Loš
Novo Čiče 1	HMIJ	0,74	0,74	Dobar i bolji
Novo Čiče 2	HMIJ	0,42	0,42	Umjeren
Pakra 1	HMIJ	0,62	0,62	Dobar i bolji
Pakra 2	HMIJ	0,4	0,4	Umjeren
Popovac 1	HMIJ	0,29	0,29	Loš
Popovac 2	HMIJ	0,42	0,42	Umjeren
Rakitje 1	HMIJ	0,89	0,89	Dobar i bolji
Rakitje 2	HMIJ	0,91	0,91	Dobar i bolji
Sakadaš 1	HMIJ	0,6	0,6	Dobar i bolji
Sakadaš 2	HMIJ	0,79	0,79	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 1	HMIJ	0,99	0,99	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 2	HMIJ	0,99	0,99	Dobar i bolji
Šoderica Koprivnica 3	HMIJ	0,83	0,83	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin 1	HMIJ	0,67	0,67	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin 2	HMIJ	0,74	0,74	Dobar i bolji

*Hrvatski multimetrijski indeks za jezera

Jezero Novo Čiče aktivna je šljunčara čija je morfologija i zona litorala pod konstantnim pritiskom te podložna stalnim antropogenim izmjenama. Zbog toga držimo da makrozoobentos i metrike koje proizlaze iz zajednice makrozoobentosa ne mogu biti adekvatan izbor za ocjenu ekološkog potencijala dubokih umjetnih stajačica (Tablica 12.7). Budući da je u ovom tipu samo jedna umjetna stajačica, referentne vrijednosti nisu zasebno računane, već je ekološki potencijal izračunat na temelju modela referentnih vrijednosti za plitke stajačice.

12.9. Opis zajednice makrozoobentosa u uvjetima Maksimalnog ekološkog potencijala

Vrlo plitke stajačice

U uvjetima maksimalnog ekološkog potencijala vrlo plitkih stajačica Panonske ekoregije moguće je pronaći više od 10 000 jedinki po kvadratnom metru koje mogu pripadati u više od 12 porodica i više od 25 rodova. Vrijednost Margalefovog indeksa raznolikosti viša je od 4, a u zajednici je visoka relativna zastupljenost plemena Chironomini (Diptera, Chironomidae).

Plitke stajačice

U uvjetima maksimalnog ekološkog potencijala moguće je pronaći više od 20 000 jedinki po kvadratnom metru. Zastupljeno je više od 10 porodica te više od 20 rodova. Vrijednost Margalefovog indeksa raznolikosti viša je od 3,5, a visoka je i relativna zastupljenost plemena Chironomini (Diptera, Chironomidae).

Literatura

Gassner H., J. Wanzenböck, Tischler G. 2003. Ecological integrity assessment of lakes using fish communities. Suggestions of new metrics developed in two Austrian prealpine lakes. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 88: 635–652.

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.

Phillips G., Pietiläinen O. -P., Carvalho L., Solimini A., Solheim A. L., Cardoso A. C. 2008. Chlorophyll-nutrient relationships of different lake types using a large European dataset. *Aquat. Ecol.* 42:213-226.

Schmedtje U, Colling M. 1996. Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. In: *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, 4 / 96, 543 S.

13. PRIJEDLOG SUSTAVA OCJENE EKOLOŠKOG POTENCIJALA UMJETNIH STAJAČICA I AKUMULACIJA TEMELJEM MAKROFITA

13.1. Uvod

Makrofiti su jedan od bioloških elemenata uključenih u generalni monitoring ekološkog stanja voda propisanog Okvirnom direktivom o vodama Europske unije (WFD 2000/60/EC) kojoj je temeljni cilj postizanje barem dobrog ekološkog stanja svih voda u Uniji.

U sklopu projekata „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda, 1. dio: Stajačice Panonske ekoregije“ tijekom 2016. i 2017. provedena su terenska istraživanja makrofitske vegetacije, obrađeni su prikupljeni uzorci i sistematizirani podaci koji su korišteni u izradi klasifikacijskog sustava ekološkog potencijala. Za svaku istraženu akumulaciju sastavljen je popis vrsta, opisana je vegetacija te predložena crtežom vegetacijskog profila koji pokazuje relativne odnose između vegetacijskih zona ili vrsta.

Ovdje donosimo prijedlog metodologije za ocjenu ekološkog potencijala temeljenog na sastavu vrsta, njihovoj učestalosti i strukturi zajednice kao odgovoru na eutrofikaciju te opću degradaciju. Također donosimo opise svih istraživanih vodnih tijela s procjenama ekološkog potencijala ukoliko su bile moguće.

13.2. Metode ocjene ekološkog potencijala

Za metodu ocjene ekološkog potencijala odabran je referentni indeks (RI) razvijen u Njemačkoj (Schaumburg i sur. 2004, 2007; Stelzer i sur. 2005) kojeg su odabrale i prilagodile mnoge druge zemlje, npr. Mađarska (Lukács i sur. 2015), Rumunjska (Pall i sur. 2015) i Bugarska (Gecheva i sur. 2013).

13.2.1. Podjela vrsta u indikatorske grupe

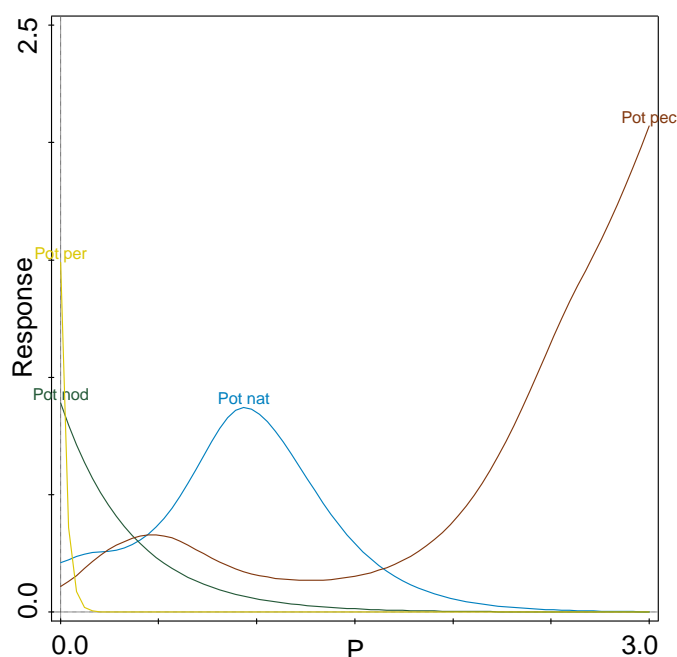
Referentni indeks temelji se na sustavu indikatorskih vrsta:

A – referentne vrste, tj. vrste koje su tipične za zajednicu u neporemećenom stanju ili su indikatori dobrog stanja, te u referentnim uvjetima dolaze s visokim abundancijama, a s porastom pritiska im se abundancija smanjuje;

B – indiferentne vrste, tj. vrste koje se redovito javljaju u makrofitskim zajednicama, ali zbog relativno širokih ekoloških amplituda mogu se javljati u različitim zajednicama i pri različitim uvjetima, no načelno ne ukazuju na neki poremećaj, te se mogu naći zajedno s vrstama iz grupe A i vrstama iz grupe C; i

C – indikatori degradacije, tj. vrste čija pojava ili masovno pojavljivanje upućuje na negativne trendove, odn. degradaciju i osiromašenje makrofitske zajednice zbog eutrofikacije ili opće degradacije vodnog tijela), obično imaju visoku abundanciju na mjestima gdje je zastupljenost vrsta iz grupe A mala ili potpuno izostaju.

Pripadnost vrsta pojedinoj indikatorskoj grupi temelji se na ekološkim indikatorskim vrijednostima (Simon i sur. 1992; Borhidi i sur. 1995; Ellenberg i sur. 2001, Landolt i sur. 2010), ekologiji i fitocenološkoj pripadnosti vrsta (Oberdorfer 2001, Schneider 2001, Chitry 2011), sustavima ocjene za druge države (Lukács i sur. 2015, Pall i sur. 2015, Gecheva i sur. 2013, Zervas i sur. 2016), te na vlastitim analizama odgovora pojedinih vrsta na čimbenike iz okoliša temeljnim na metodama multivarijatne statistike, npr. odgovor vrsta roda *Potamogeton* na količinu ukupnog fosfora prikazan je na Slici 13.1.



Slika 13.1. Odgovor vrsta roda *Potamogeton* na porast količine ukupnog fosfora u vodi. Vidljivo je da s porastom koncentracije fosfora učestalost vrsta *P. perfoliatus* i *P. nodosus* naglo pada što ih čini dobrim indikatorima oligotrofije. S druge strane učestalost vrste *P. pectinatus* s porastom količine fosfora raste, što ovu vrstu čini dobrim indikatorom povećane trofije. Vrsta *P. natans* zauzima središnje mjesto te nema izraženu indikatorsku vrijednost.

Odnos pojedinih indikatorskih skupina makrofita u različitim klasama ekološkog potencijala prikazan je u tablici 13. 1.

Osim odnosa zastupljenosti indikatorskih vrsta u obzir se uzima i strukturiranost zajednice, te monodominantne sastojine pojedinih vrsta, prije svega pokazatelja poremećaja i stranih invazivnih vrsta (npr. *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*).

Tablica 13.1. Odnosi zastupljenosti indikatorskih vrsta u različitim klasama ekološkog potencijala.

Vrlo dobro (H)	Dobro (G)	Umjereno (M)	Loše (P)	Vrlo loše (B)
Dominiraju referentne vrste (A), pokazatelja degradacije (C) nema ili su zastupljeni pojedinačno.	Dominiraju referentne (A) i indiferentne (B) vrste. Referentne vrste (A) dominiraju nad pokazateljima degradacije (C).	Dominiraju indiferentne vrste (B). Pokazatelji degradacije (C) su jednako zastupljeni kao i referentne vrste (A) ili ih malo nadmašuju.	Dominiraju pokazatelji degradacije (C), referentnih vrsta (A) nema ili zastupljeni pojedinačno.	Nema zajednica makrofita ili su zastupljeni samo pojedinačno, a da to nema prirodni uzrok.

Sustav indikatorskih vrsta donekle se razlikuje za plitke i vrlo plitke stajačice (Vidi poglavlje 8.4. Operativna lista svojti – makrofita). Naime, klasterka analiza uz Simproff test značajnosti pojedinih grana (Prilog 1) pokazala je da na temelju vrsta makrofita ne mogu jasno odvojiti stajačice Panonske i Dinardiske regije. Razlog tomu je što makrofitsku vegetaciju čini relativno mali broj vrsta širokih areala, tako da je glavna vrsta podjednako rasprostranjena u svim dijelovima Hrvatske. S druge strane, vrlo plitke stajačice u odnosu na plitke prirodno mogu imati veći stupanj trofije tako da neke vrste koje se u dubokim i plitkim stajačicama mogu smatrati pokazateljima eutrofikacije ovdje čine prirodnu komponentu vegetacije.

13.2.2. Izračun referentnog indeksa (RI) i omjera ekološke kakvoće (OEK)

Za izračun referentnog indeksa potreban je popis makrofita s procijenjenim abundancijama prema Kohlerovoj skali (Tablica 13.2). Abundancije se zatim pretvore u količine (Q) prema Tablici 13.2. Količine odgovaraju srednjim vrijednostima pokrovnosti skale prema Braun-Blanquetu (Engloner 2012).

Tablica 13.2. Kohlerova skala i odgovarajuće količine (Q) koje se koriste za izračun referentnog indeksa.

Kohlerova skala	opis	količina (Q)
1	Vrlo rijetko, pojedinačno	3 ($0 < X \leq 5\%$)
2	rijetko	15 ($5 < x \leq 25\%$)
3	rašireno	37.5 ($25 < x \leq 50\%$)
4	često	62.5 ($50 < x \leq 75\%$)
5	vrlo često, masovno	87.5 ($75 < x \leq 100\%$)

Zatim se vrste razvrstavaju u tri kategorije indikatorske kategorije – A, B i C. Pripadnost vrsta pojedinoj kategoriji navedena je u Prilogu.

Referentni indeks (RI) računa se prema sljedećoj formuli:

$$(1) \text{ RI} = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} * 100$$

gdje je:

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

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

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

Kako bi su obzir uzeli i drugi elementi zajednice treba provjeriti da li je ukupan zbroj količina (A+B+C) veći od 75. Ukoliko nije, znači da je zastupljenost makrofita mala te se ne može uzeti kao pouzdana. U tom slučaju izračunata vrijednost ekološkog potencijala može služiti kao orijentacijska, pogotovo ako odudara od vrijednosti dobivenih na temelju drugih bioloških elemenata.

Nadalje, dobiveni referentni indeks (RI) se zatim umanjuje za 50 ukoliko ne postoji makrofitska zajednica već samo rastresene pojedinačne biljke ili ukoliko u zajednici s pokrovnošću od preko 80% dominiraju sljedeće vrste:

- *Ceratophyllum demersum* (ili *C. submersum*)
- *Potamogeton pectinatus*
- *Elodea canadensis* (ili *E. nutallii*)
- *Najas marina*
- *Nymphoides peltata*
- *Spirodella polyrhiza*
- *Myriophyllum spicatum* (ukoliko se ne radi o mladom vodnom tijelu u kojem se još nije stigla formirati stabilna makrofitska zajednica).

Ukoliko vrijednost RI padne ispod -100, korigira se na -100 kao minimalnu vrijednost.

Nakon toga referentni indeks preračuna se u omjer ekološke kakvoće (OEK) prema formuli:

$$(2) \text{ OEK} = [(\text{RI} + 100) * 0,5] / 100$$

Dobivena vrijednost OEK uspoređuje se s graničnim vrijednostima u tablici 13.3 te se odredi klasa ekološkog potencijala.

Ukoliko u stajaćici nema makrofitske vegetacije kao posljedice eutorfikacije ili nekog drugog poremećaja (vidljivo iz koncentracije klorofila, ukupne količine fosfora ili suspendiranih čestica) uzima se da je OEK = 0.

Tablica 13.3. Vrijednosti OEK za pojedine klase ekološkog potencijala za umjetne i znatno promijenjene stajačice te dogovarajuće ekološko stanje koji se primjenjuje kod prirodnih jezera.

ekološki potencijal		odgovarajuće ekološko stanje	OEK
dobar i bolji	4	vrlo dobar (H)	5 1.00 - 0.72
		dobar (G)	4 0.71 - 0.51
umjeren (M)	3	umjeren (M)	3 0.25 - 0.50
loš (P)	2	loš (P)	2 0.24 - >0
vrlo loš (B)	1	vrlo loš (B)	1 0

Kako je broj istraživanih vodnih tijela relativno mali i kako se ne nalaze u jednolikom gradijentu opterećenja granice klasa određene su na sljedeći način:

H/G granica je određena kao 80% najviših vrijednosti izračunatih omjera ekološke kakvoće i ona iznosi 0.72. Pritom je uzeto u obzir da na postajama nije bilo pokazatelja poremećaja i da fizikalno-kemijski parametri također ukazuju na visok status.

G/M granica je izračunata teoretski prema definiciji da je umjerenost stanje ono u kojem dominiraju vrste iz grupe B, a vrste iz grupa A i C su podjednako zastupljene. Dakle, ako pretpostavimo da je $A = C$, dobivamo da je $RI = 0$, odnosno $OEK = 0.5$ što je uzeto kao granična vrijednost.

M/P granica je točka u kojoj indikatori poremećaja počinju dominirati nad ostalim skupinama i ona odgovara aritmetičkoj sredini granica između G/M i P/B. Kako je loš status (B) označava gubitak makrofita, odnosno $OEK = 0$, tada granica M/P odgovara vrijednosti od 0.25.

P/B granica znači potpuni gubitak makrofita zbog nekog od pritisa, tj. u tom stanju je $OEK = 0$.

Ocjene ekoloških potencijala prikazane su u Tablici 13.4. Sva objašnjenja nalaze se u poglavlju s opisima pojedinih vodnih tijela.

Tablica 13.4. Ocjena ekološkog potencijala akumulacija i umjetnih stajačica u Panonskoj ekoregiji.

Akumulacija	OEK	Ekološki potencijal
Biljsko jezero	0,21	Loš
Borovik	0,25	Umjeren
Ak. HE Čakovec	0,06	Loš
Ak. HE Dubrava	0,09	Loš
Grabovo jezero	0,33	Umjeren

Tablica 13.4. Nastavak

Akumulacija	OEK	Ekološki potencijal
Jarun	0,57	Dobar i bolji
Jošava	0	Vrlo loš
Lapovac II	0	Vrlo loš
Novo Čiče	-	-
Pakra	0,45	Umjeren
Popovac	0	Vrlo loš
Rakitje	-	-
Sakadaš	0,25	Loš
Šoderica Koprivnica	0,55	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	0,09	Loš

13.2.3. Odnos omjera ekološke kakvoće i pritiska

Kako bi se ispitalo da li omjer ekološke kakvoće (OEK) opisuje pritiske iz okoliša testirana je korelacija između njega i osnovnih fizikalno-kemijskih parametara na koje bi makrofiti trebali reagirati (Tablica 13.5.). Visok udio statistički značajnih korelacija upućuje na to da OEK dobro odražava fizikalno-kemijska svojstva voda. Visok stupanj korelacije pokazuju nutijenti (ukupni fosfor, ukupni dušik i amonij), prozirnost, ukupni organski ugljik i količina suspendiranih čestica koji direktno uvjetuju stupanj trofije ili su njegova posljedica. Količina klorofila *a* posredni je pokazatelj stupnja trofije jer je količina planktonskih alga ovisna o količini nutrijenata.

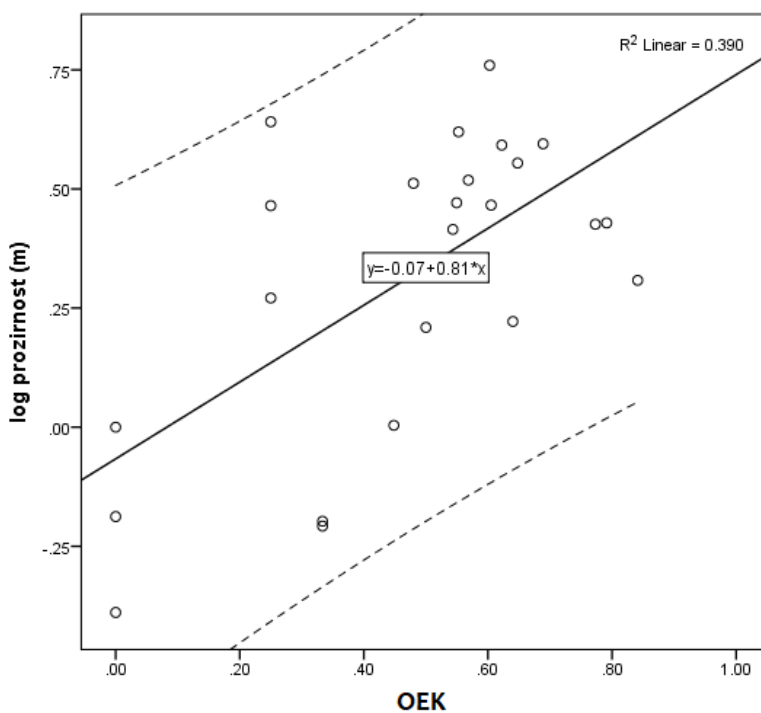
Tablica 13.5. Pearsonov indeks korelacije između OEK i fizikalno-kemijskih parametara. S ** su označene korelacije signifikantne za $p \leq 0.001$, a s * korelacije signifikantne za $p \leq 0.005$.

Parametar	OEK		
	Pearson indeks	p (2-tailed)	N
prozirnost	0.624**	0.001	24
klorofil	-0.753**	0.000	24
temperatura	-0.382*	0.045	28
pH	0.003	0.987	28
elekt. vodljivost	0.101	0.616	27
susp. tvari	-0.652**	0.000	28
alkalinitet	0.208	0.287	28
tvrdća	0.324	0.093	28
otopljeni kisik	-0.052	0.794	28
amonij	-0.789**	0.000	28

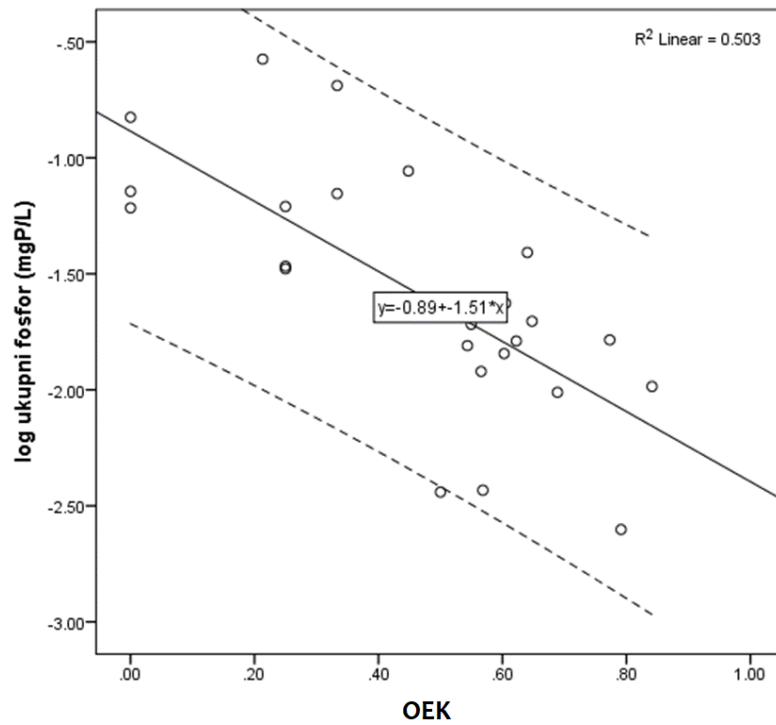
Tablica 13.5. Nastavak

Parametar	OEK		
	Pearson indeks	p (2-tailed)	N
nitriti	-0.405*	0.032	28
nitрати	-0.090	0.670	25
ukupni dušik	-0.667**	0.000	28
ukupni fosfor	-0.709**	0.000	26
TOC	-0.775**	0.000	28

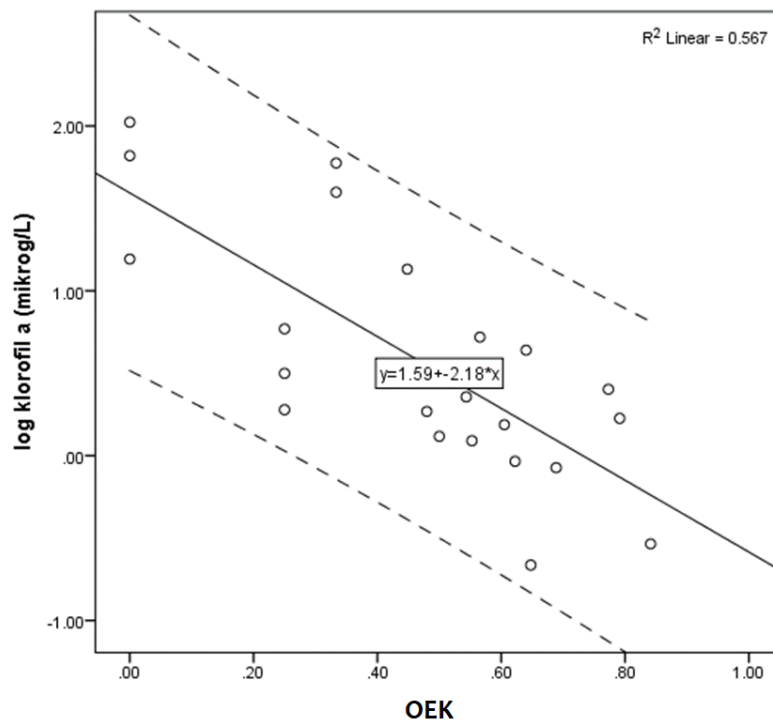
Odnosi pojedinih fizikalno-kemijskih parametara i omjera ekološke kakvoće prikazani su na slikama 13.2-13.9.



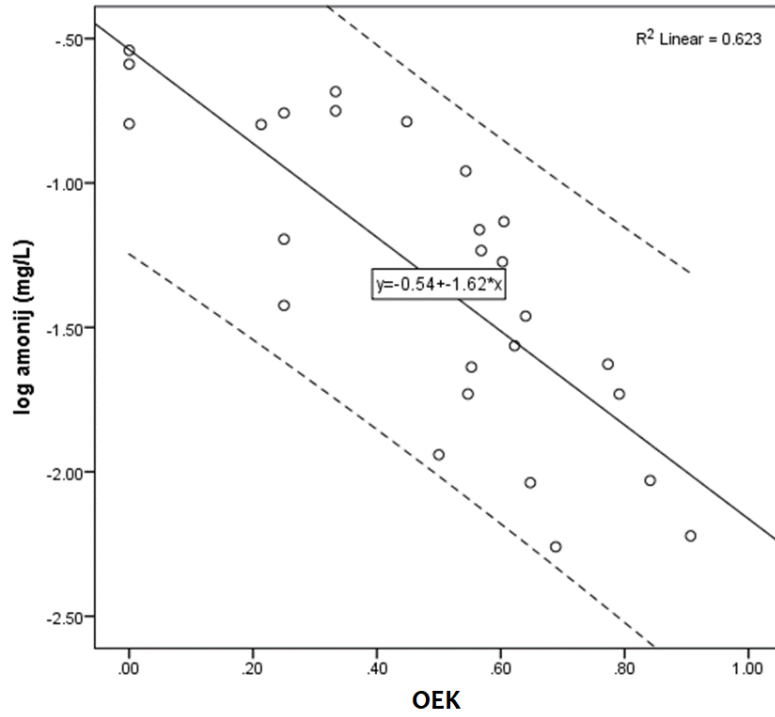
Slika 13.2. Odnos prozirnosti i OEK. Iscrtano su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



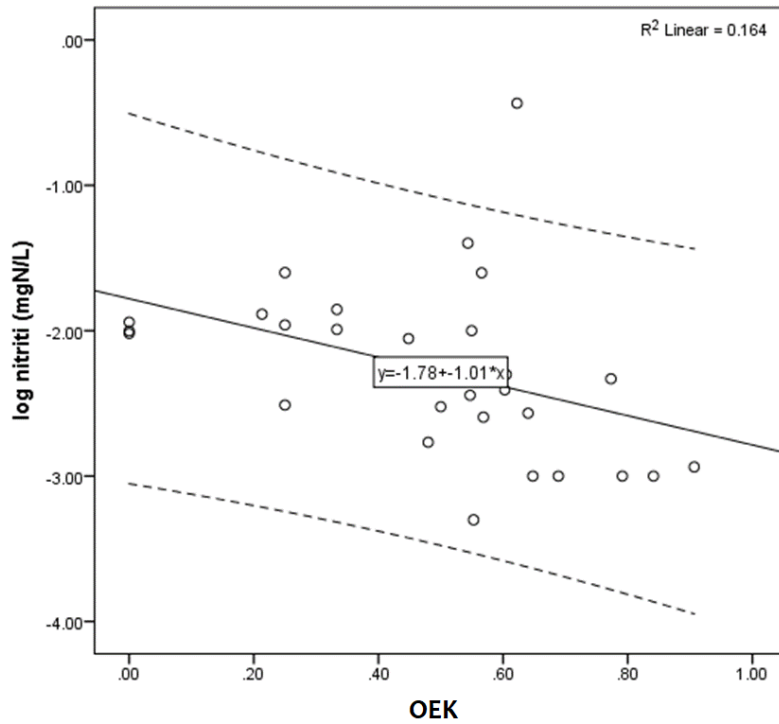
Slika 13.3. Odnos količine ukupnog fosfora i OEK. Iscrtano su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



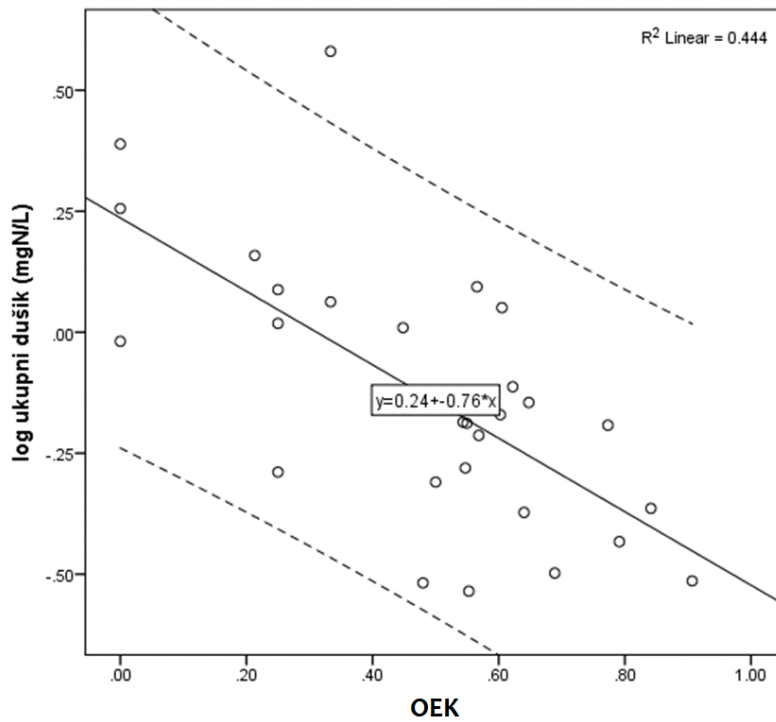
Slika 13.4. Odnos količine klorofila i OEK. Iscrtano su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



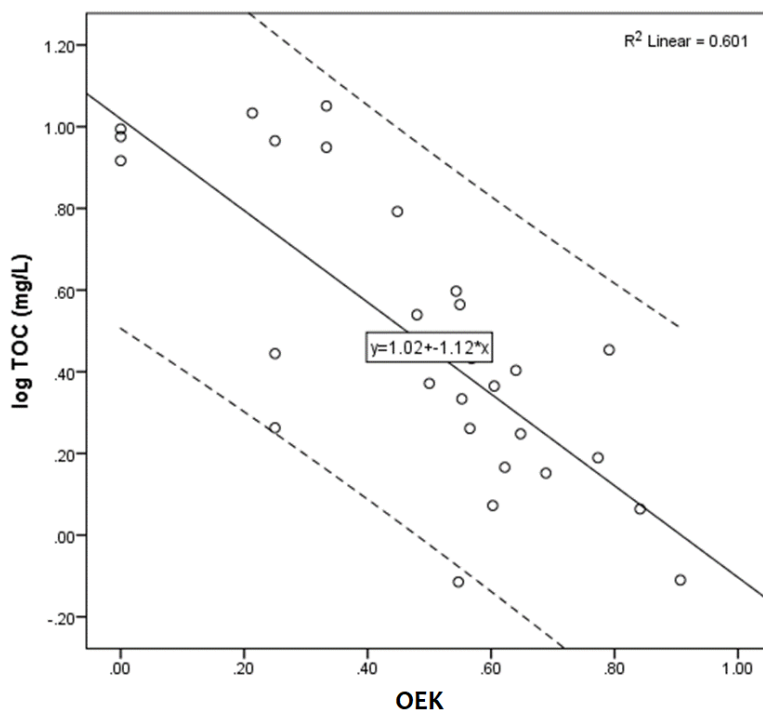
Slika 13.5. Odnos količine amonija i OEK. Iscratno su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



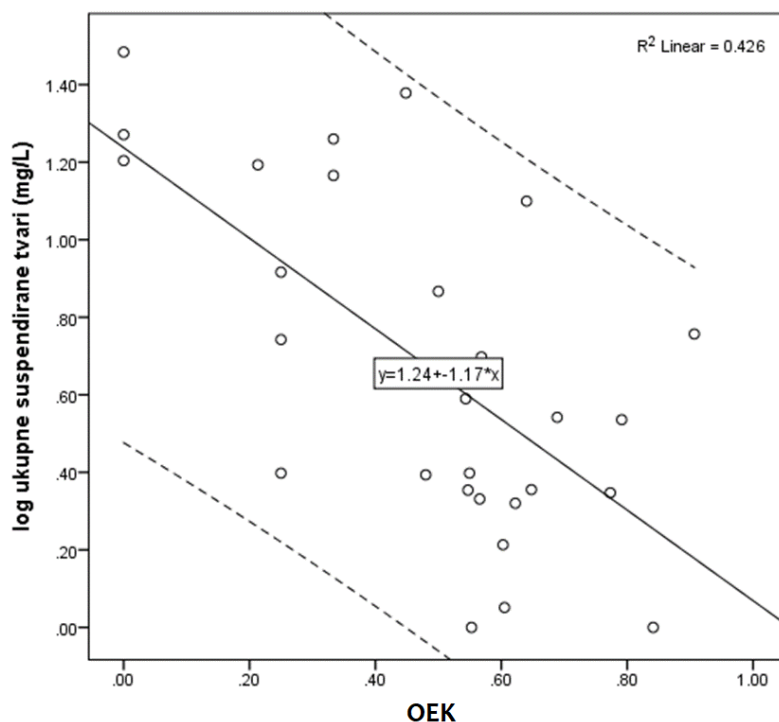
Slika 13.6. Odnos količine nitrita i OEK. Iscratno su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



Slika 13.7. Odnos količine ukupnog dušika i OEK. Iscratno su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



Slika 13.8. Odnos ukupnog organskog ugljika i OEK. Iscratno su prikazane granice pouzdanosti od 95%.



Slika 13.9. Odnos količine ukupne suspendirane tvari i ekološkog omjera kakvoće (OEK). Iscratno su prikazane granice pouzdanosti od 95%.

13.3. Opisi makrofitske vegetacije u umjetnim i znatno promijenjenim akumulacijama Panonske ekoregije

13.3.1. Akumulacija HE Varaždin (slika 13.10) (uzorkovano 17. 10. 2017.) – dno akumulacijskog jezera HE Varaždin u različitim je dijelovima jezera različite dubine. Sukladno tome, makrofitska vegetacija razvijena je samo na plićim dijelovima jezera koji nisu nužno uz samu obalu, već i u ostalim dijelovima jezera (primjerice oko otoka u središnjem dijelu jezera). Dominantna vrsta podvodne vegetacije je invazivna biljka *Elodea canadensis* koja stvara guste podvodne sastojine, najčešće monodominantne. Povremeno se u jezeru pojavljuju i ostale zakorijenjene makrofitske vrste kao što su npr. *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton pectinatus* i *Potamogeton crispus*. U jezeru je zamijećena i pojava flotantne vrste *Lemna minor*.



Slika 13.10. Akumulacija HE Varaždin i sastojina makrofita.

Ekološki potencijal: loš zbog dominacije vodene kuge (*Elodea canadensis*), strane invazivne vrste. Fizikalno-kemijski parametri ne upućuju na loš status.

13.3.2. Akumulacija HE Čakovec (slika 13.11) (uzorkovano 17. 10. 2017.) – ova akumulacija je veće dubine od akumulacije HE Varaždin, zbog čega je makrofitska vegetacija u jezeru puno siromašnija. Iznimka je rep akumulacije gdje je zbog manje dubine vegetacija obilnije razvijena. Dominantne vrste su *Elodea canadensis* i *Myriophyllum spicatum*, a povremeno se pojavljuju i vrste mrijesnjava *Potamogeton nodosus* i *Potamogeton perfoliatus*. U jesenskom aspektu duž cijelog jezera mogu se na površini zamijetiti naplavine plutajućih djelomično raspadnutih biljnih dijelova dominantnih vrsta.

Ekološki potencijal: loš zbog dominacije vodene kuge (*Elodea canadensis*), strane invazivne vrste. Fizikalno-kemijski parametri ne upućuju na loš status.



Slika 13.11. Akumulacija HE Čakovec.

13.3.3. Akumulacija HE Dubrava (slika 13.12) (uzorkovano 19. 10. 2017.) – ova akumulacija je u glavnini svoje površine preduboka za razvoj zakorijenjene makrofitske vegetacije. Izuzetak je rep akumulacije, na kojem se u širem obalnom pojasu razvijaju podvodne livade vrsta *Elodea canadensis* i *Myriophyllum spicatum*. U manjoj pokrovnosti pojavljuju se i mriješnjaci *Potamogeton pectinatus* i *Potamogeton perfoliatus*. U obalnoj zoni promjenjive razine vode pojavljuje se helofitska vrsta *Berula erecta* i rijetka vrsta *Eleocharis acicularis*. U jesenskom aspektu duž cijelog jezera mogu se na površini zamijetiti naplavine plutajućih djelomično raspadnutih biljnih dijelova dominantnih vrsta.

Ekološki potencijal: loš zbog dominacije vodene kuge (*Elodea canadensis*), strane invazivne vrste. Fizikalno-kemijski parametri ne upućuju na loš status.



Slika 13.12. Akumulacija HE Dubrava.

13.3.4. Akumulacija Borovik (uzorkovano 31.8.2016.) - ima površinu 1,6 km², a srednja dubina joj je 7 m. Najveći dio dna akumulacije nije obrastao vegetacijom. U plićim, obalnim dijelovima akumulacija (najplićim uvalama) raste *Myriophyllum spicatum*, međutim jako rastresito, ne tvoreći gušće sastojine niti zaseban vegetacijski pojas. Pridružuju mu se, u manjem broju i ponegdje još i *Potamogeton nodosus* i *Alisma plantago-aquatica*. Šljunkovit supstrat jezerskog dna prekriven je muljem i perifitonom. Zamuljenost jezera kao i zasićenost planktonom u plitkom jezerskom sustavu vjerojatan su razlog izostanka brojnije makrofitske vegetacije. U vrlo plitkim uvalama akumulacije zabilježene su, ali rijetko, i helofitske vrste poput *Lindernia procumbens* i vodene forme vrste *Alisma plantago-aquatica*. Na nekoliko mjesta obalu obrastaju i vrste iz roda šiljeva (*Cyperus*).

Ekološki potencijal: umjeren, na donjoj granici.

13.3.5. Akumulacija Jošava (slika 13.3) (uzorkovano 31.8.2016.) - ima površinu 0,9 km², a srednja dubina joj je 1 m. Jezerski sustav zasićen je planktonom, stupac vode je u vrijeme istraživanja bio pun tamnozelenih modrozelenih algi, zbog čega je prozirnost bila nula. Zbog vrlo male prozirnosti u jezeru nije uopće razvijena makrofitska vegetacija. Područje koje okružuje akumulaciju brdovitog je reljefa i poljoprivredno je intenzivno korišteno (oranice, vinogradi voćnjaci). Voda ima neugodan miris kao i okolno područje koje je naočigled intenzivno gnojeno. Zbog ocjeđivanja podzemnih i površinskih voda ljeti se ovdje događa naglo cvjetanje cijanobakterija i pomor riba, o

čemu svjedoče lokalni korsinici jezera (ribari). Od makrofitske vegetacije zabilježena je samo u jednom malom rukavcu populacija flotantnih biljaka *Lemna minor* i *Spirodela polyrhiza*.

Ekološki potencijal: vrlo loš zbog nepostajanja makrofitske vegetacije. Koncentracije klorofila *a* i ukupnog fosfora ukazuju na visok stupanj trofije.



Slika 13.13. Akumulacija Jošava. Na desnoj slici se vidi bujno cvjetanje cijanobakterija kao posljedica visokog stupnja trofije.

13.3.6. Akumulacija Lapovac II (uzorkovano 31.8.2016.) - veliko jezero s izraženom mutnoćom stupca vode. Koristi se uglavnom kao ribnjak i u njemu ne nalazimo nikakve vodene vegetacije.

Ekološki potencijal: vrlo loš zbog nepostajanja makrofitske vegetacije. Koncentracije klorofila *a* i ukupnog fosfora ukazuju na visok stupanj trofije.

13.3.7. Akumulacija Popovac (slika 13.14) (uzorkovano 9.9.2016.) - radi se o plitkom jezeru s vrlo mutnom vodom zasićenom modrozelenim algama. Akumulacija se koristi kao ribnjak i ne sadrži uopće makrofitsku vegetaciju. Na položenim obalama jezera razvija se efemerna vegetacija povremeno plavljenih obala s rijetkim vrstama poput *Cyperus michelianus*, *Cyperus glomeratus*, *Lindernia dubia* i *Gypsophila muralis*. U plićinama se povremeno javljaju i vrste roda *Eleocharis*.

Ekološki potencijal: vrlo loš zbog nepostajanja makrofitske vegetacije. Koncentracije klorofila *a* i ukupnog fosfora ukazuju na visok stupanj trofije.



Slika 13.14. Akumulacija Popovac. Uočljive su obale bez ikakve prave zone močvarne vegetacije.

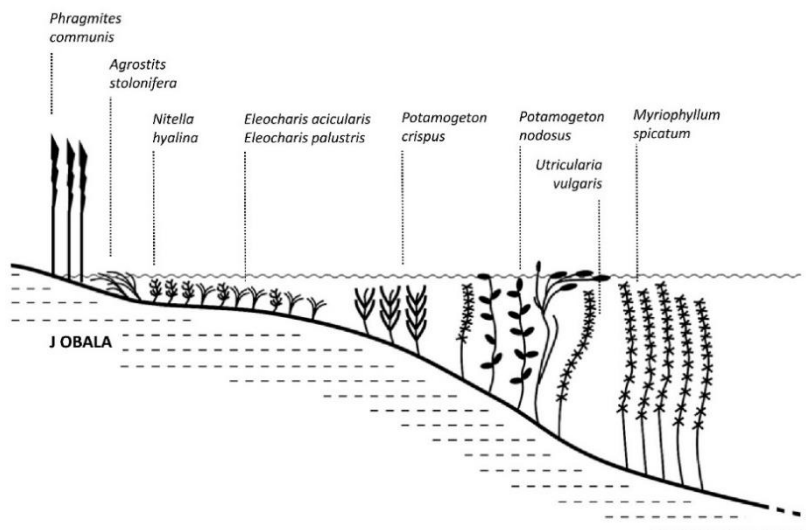
13.3.8. Šoderica, Koprivnica (slika 13.18) (uzorkovano 30.9.2016.) – jezero nastalo iskopavanjem šljunka i pijeska, danas se koristi u rekreativne i turističke svrhe. Dubina jezera varira i nije konstantna, obale se okomito ruše na zapadnoj i sjeverozapadnoj strani dok su na južnoj i jugoistočnoj blago položene te je obala djelomično razvedena. Sjevernoj obala je blago položena, ali i najvećim dijelom uređena u svrhe rekreativnog djelovanja s najvećim brojem turističkih objekata uz obalu.

Na zapadnoj obali razvijena je gusta zajednica vodene vegetacije (slika 13.15) gdje dominira krocanj (*Myriophyllum spicatum*), uz veću pojavnost obične mješinke (*Utricularia vulgaris*) tu u manjoj mjeri plutajući mriješnjak (*Potamogeton nodosus*), pršljenasti krocanj (*Myriophyllum verticillatum*). Vodena vegetacija tvori gustu sastojinu u zoni otprilike 5 m od obale. Od vrsta s plutajućim listovima zabilježeni su žuti lokvanj (*Nuphar lutea*) i bijeli lopoč (*Nymphaea alba*). U zoni uz obalu dominira tršćak s vrstom *Phragmites australis*.



Slika 13.15. Sastav vodene vegetacije uz sjevernu obalu jezera Šoderica.

Zajednice na južnim obalama jezera (slika 13.16) čini bogatija vegetacija plitke obalne vegetacije uz pojavu zonacije vodene vegetacije u dubljim dijelovima. Plitke blago položene obale karakterizira velika pojava zelenih algi parožina vrste *Nitella hyalina*, močvarnih jezernica (*Eleocharis acicularis* i *Eleocharis palustris*), troskota (*Agrostis stolonifera*) i kovrčavog mrijesnjacka (*Potamogeton crispus*). Prema dubljem dijelu češće se vrste krocanj (*Myriophyllum spicatum*), plutajući mrijesnjack (*Potamogeton nodosus*) i obična mješinka (*Utricularia vulgaris*). Pojedinačno se uz južnu obalu pojavljuju otoci trščaka s vrstom *Phragmites australis*, no primjećuje se kako se trščak djelomično uklanja iz obalnog dijela.



Slika 13.16. Profil južne obale jezera Šoderica.

Sjeverni dio jezera karakterizira obala koja je pod najintenzivnijim antropogenim utjecajem. Obala je blago položena, ispunjena objektima namijenjenih rekreativnoj i turističkoj svrsi te je u velikoj mjeri očišćena i pokošena. U određenim dijelovima gdje je razvijena vodena vegetacija dominira trščak uz obalu s vrstama *Scirpus lacustris*, *Sparganium erectum* i *Phragmites australis* te bujna vodena vegetacija. Plići dio obale obrastao je vrstama mrijesnjacka (*Potamogeton nodosus*, *Potamogeton perfoliatus* i *Potamogeton x cooperi*), trostoka (*Agrostis stolonifera*) i plavuna (*Nymphoides peltata*). U dubljem dijelu vodenu vegetaciju u najvećoj mjeri čine krocanj (*Myriophyllum spicatum*) i žuti lokvanj (*Nuphar lutea*) uz manju pojava obične mješinke (*Utricularia vulgaris*) (slika 13.17).

Ekološki potencijal: dobar i bolji.



Slika 13.17. Obalna i vodena vegetacija sjeverne obale jezera Šoderica.



Slika 13.18. Zračna snimka jezera Šoderica.

13.3.9. Novo Čiče (slika 13.19) (uzorkovano 9.9.2017.) - jezero nastalo iskopavanjem šljunka i danas je aktivna šljunčara s velikim oscilacijama razine vode i izrazito mutnom vodom. Podlogu čini sitniji šljunak i pijesak, a obala je ovisno o određenom dijelu blago položena ili se okomito ruši. Vodena vegetacija nije zabilježena na jezeru Čiče, niti u plitkom dijelu niti u dubljem dijelu. Uz obale je na pojedinim lokacijama zabilježena manja pojavnost smeđog šilja (*Cyperus fuscus*), inače strogo zaštićene i ugrožene svojte u Hrvatskoj.

Ekološki potencijal: nije ga moguće odrediti jer zbog iskopavanja šljunka nije moguć razvoj makrofitske vegetacije.



Slika 13.19. Novo Čiče. Otvorene šljunčane obale bez močvarne vegetacije i aktivni iskopi šljunka.

13.3.10. Raktije, Finzula (slika 13.20) (uzorkovano 9.9.2017.) - jezero nastalo iskopavanjem šljunka, danas se koristi u rekreativne svrhe. Uniformna obala je uglavnom blago položena s podlogom od sitnog šljunka ili većih valutica. Na jezeru uz sjevernu obalu i na središnjem dijelu dominira natantni hidrofit koji se ukorjenjuje za dno - žuti lopoč (*Nuphar lutea*). Dio obale jezera koja se ne koristi za ribolov ili rekreacijsku djelatnost djelomično je obrasla vegetacijom tršćaka gdje su zabilježene vrste *Phragmites australis* i *Juncus articulatus*. Uz obalu je također zabilježen i smeđi šilj (*Cyperus fuscus*), strogo zaštićena i ugrožena svojta u Hrvatskoj.

Ekološki potencijal: nije ga moguće odrediti zbog nepostojanja makrofitske vegetacije. Zasad ju čini samo jedna vrsta na temelju koje nije moguće napraviti procjenu.



Slika 13.20. Rakitje, Finzula.

13.3.11. Grabovo jezero (slika 13.23) (uzorkovano 24.9.2017.) – jezero se koristi u ribolovne svrhe te je podijeljeno na istočni i zapadni dio koji je odijeljen nasipom s kontroliranim propustom i komunikacijom vode između ta dva dijela jezera. Istočni dio jezera je pod koncesijom ribičkih društva, dok je zapadni dio jezera otvoren za slobodni ribolov. Obala se duž cijelog jezera okomito urušava, djelomično je obaloutvrđena te se voda iz jezera crpi i koristi za navodnjavanje okolnih poljoprivrednih površina. Uz veliki dio obale proteže se gusti tršćak kojeg čini vrsta *Phragmites australis* (slika 13.22), a primijećeno je da se isti periodički kosi na određenim dijelovima (slika 13.21). Na obaloutvrđenoj sjevernoj obali uz crpnu stanicu redovito se kosi tršćak a upravo tu se razvila vodena vegetacija s dominantnim krocijem (*Myriophyllum spicatum*) uz pojavu obične mješinke (*Utricularia vulgaris*) i bijelog lokvanja (*Nymphaea alba*). Uz južnu obalu zabilježena je slična situacija i sastav vodene vegetacije, a u dijelovima gdje obala ima blagu položenost zabilježen je kovrčavi mrijesnjak (*Potamogeton crispus*) između gustog tršćaka.

Ekološki potencijal: umjeren.



Slika 13.21. Grabovo jezero, obala na sjevernoj obali uz nasip i vidljivi ostaci košenog tršćaka.



Slika 13.22. Grabovo jezero, većiina obale jezera obrasla je gustim tršćakom.



Slika 13.23. Zračni snimak Grabovog jezera.

13.3.12. Sakadaš (uzorkovano 23.9.2017.) – jezero u funkciji retencije za vrijeme visokih voda rijeke Drave povezana je na zapadnom dijelu kanalom s Biljskim jezerom. Podloga jezera je glina i mulj, obale se u većem dijelu okomito ruše prema dnu, a vidljiva je fluktuacija razine vode zbog čestog ispuštanja i punjenja jezera. U sjevernom dijelu jezera na dijelu gdje je obala poplavljena, zabilježeni su plavun (*Nymphoides peltata*) i žuti lopoč (*Nuphar lutea*) zakorijenjeni u dubljem dijelu (slika 13.24). Uz južnu i istočnu obalu gdje se obala strmo ruši i gdje su vidljivi zemljani odroni nema vodne ni obalne vegetacije, a na dijelovima gdje je obala blago položena obalnu vegetaciju čine većinom močvarna jezernica (*Eleocharis acicularis*), člankoviti sit (*Juncus articulatus*) te metiljeva trava (*Lysimachia nummularia*) i grbak (*Rorripa sylvestris*) (slika 13.25). Jezero u velikom dijelu poplavljuje kopnenu vegetaciju tijekom visokih voda.

Ekološki potencijal: loš zbog nepostajanja strukturirane makrofitske vegetacije. Mjestimice se javljaju samo vrste plutajućih listova. Vrijednosti klorofila *a* i ukupnog fosfora ukazuju na visoku trofiju, a slaba prozirnost dodatno onemogućuje razvoj submerznih biljaka.



Slika 13.24. Sakadaš, plutajuća vegetacija na sjevernom dijelu jezera.



Slika 13.25. Sakadaš, blago položena obala s razvijenom kopnenom vegetacijom, ali bez vodenih biljaka.

13.3.13. Stara Drava, Čingi Lingi (Biljsko jezero) (uzorkovano 23.9.2017.) – jezero predstavlja stari tok rijeke Drave i služi kao retencija u vrijeme visokih voda rijeke. Danas se većinom koristi u rekreativne svrhe s aktivnostima ribičkih društava. Obala jezera je blago položena i bogata

obalnim vrstama, podloga jezera je glinena i muljevita zbog čega je voda dosta замуćena. Uz obale jezera zabilježena je gusta populacija jezerskog plavuna (*Nymphoides peltata*) (slika 13.26). Sjevernu obalu karakterizira vegetacija koju većinom čine *Butomus umbellatus*, *Polygonum mite* i *Mentha aquatica*, zatim strogo zaštićene vrste šiljeva (*Cyperus fuscus* i *Cyperus glomeratus*) te vrste koje tipično čine zajednice trščaka (*Typha angustifolia*, *Juncus articulatus* i *Phragmites australis*). Južna obala ima sličan sastav obalnih vrsta, s dominantnim trščakom i helofitskim vrstama (*Alisma plantago-aquatica*, *Polygonum mite*, *Sparganium erectum*, *Mentha aquatica*, *Rorippa amphibia*). Južnu muljevitou obalu karakterizira pojava zajednice efemernih mahovina s vrstama *Riccia fluitans* i *Physcomitrella patens* (slika 13.27).

Ekološki potencijal: loš zbog nepostajanja strukturirane makrofitske vegetacije. Mjestimice se javljaju samo vrste plutajućih listova. Vrijednosti klorofila *a* i ukupnog fosfora ukazuju na visoku trofiju, a slaba prozirnost dodatno onemogućuje razvoj submerznih biljaka.



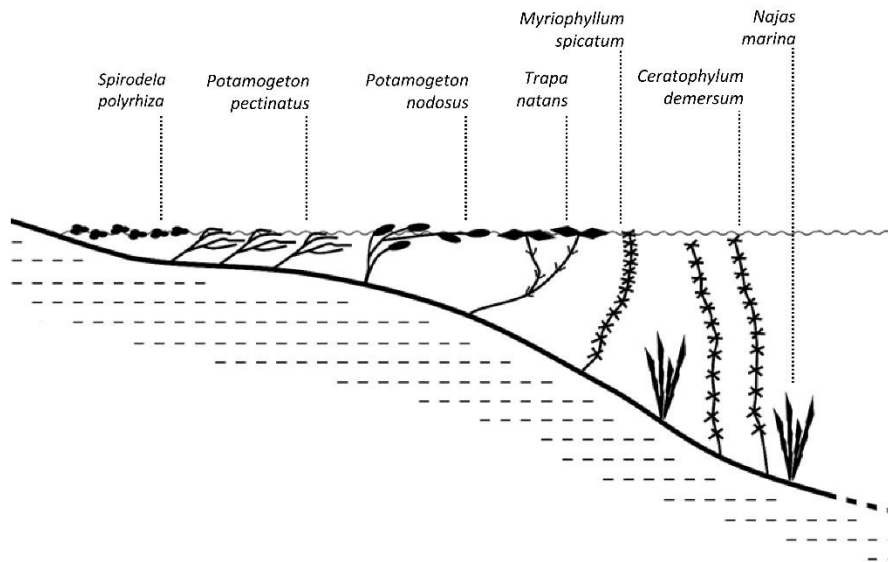
Slika 13.26. Vodenu vegetaciju Biljskog jezera čini vrsta *Nymphoides peltata* s flotantnim listovima ukorijenjena u dubljim dijelovima vode.



Slika 13.27. Južna obala Biljskog jezera bogata je efemernim mahovinama, helofitskim vrstama i zajednicom trščaka.

13.3.14. Pakra, Banova Jaruga (slika 13.29) (uzorkovano 9.9.2016.) – u akumulaciji postoji dobro razvijena zonacija vegetacije. Tako u najplićoj zoni dolaze flotantna *Spirodela polyrhiza* i zakorijenjeni *Potamogeton pectinatus*. U dubljoj zoni dominiraju vrste *Myriophyllum spicatum*, *Trapa natans* i *Potamogeton nodosus*. U najdubljoj zoni dominiraju *Ceratophyllum demersum* i *Najas marina* (slika 13.28).

Ekološki potencijal: umjeren.



Slika 13.28. Pakra – vegetacijski profil.



Slika 13.29. Zračni snimak akumulacije Pakra.

13.3.15. Jarun – Veliko jezero (slika 13.30) (uzorkovano 5. 10. 2017.) – u jezeru je bujno razvijena makrofitska vegetacija koja se tokom sezone uklanja jer bi inače onemogućavala upotrebu veslačkih staza. U jezeru su razvijene prostrane sastojine lokvanja (*Nuphar lutea*), a s njime submerzno dolazi krocanj (*Myriophyllum spicatum*) i vodeni žabnjak (*Ranunculus circinatus*). Bijeli lopoč (*Nymphaea alba*) zabilježen je samo na jednom mjestu. U znatno manjoj mjeri pridolazi i mješinka (*Utricularia vulgaris*), mrijesnjak (*Potamogeton nodosus*) i borak (*Hippuris vulgaris*). Zanimljivo je da se u čitavom jezeru submerzno raste i rebratica (*Hottonia palustris*) koja nigdje nije nađena s cvjetovima ili plodovima, a inače je karakteristična za male stajaćice poput jaraka i bara u kojima raste u vrlo plitkoj vodi ili čak na vlažnim obalama. U obalnom pojasu plitke vode obilne su populacije vrsta *Veronica anagalis-aquatica*, *Samolus valerandi*, te u manjoj mjeri i *Lycopus europaeus*.

Ekološki potencijal: dobar i bolji



Slika 13.30. Jarun, Veliko jezero – Stari kanal.

13.4. Opis makrofitskih zajednica u uvjetima maksimalnog ekološkog potencijala

Vrlo plitke stajačice

Maksimalni ekološki potencijal odgovara eutrofnim jezerima s vegetacijom *Magnopotamion* ili *Hydrocharition*. Livade alga parožina ne zauzimaju više značajno mjesto u pokrovnosti submerzne vegetacije. Submerzne zajednice su slične kao i u plitkim stajačicama, no raste udio zajednica plutajućih makrofita (*Hydrocharition*), tako da se mogu razvijati velike sastojine plutajućih vrsta. Također, u zajednicama submerznih makrofita mogu se javljati uskolisni mriješnjaci koji tu nisu pokazatelji poremećaja ukoliko ne dominiraju nad drugim vrstama.

Plitke stajačice

Maksimalni ekološki potencijal odgovarao bi oligotrofnim i mezotrofnim jezerima s bentički razvijenim livadama alga parožina (*Characeae*) dok se u plićem pojasu razvijaju livade širokolisnih mriješnjaka (npr. *Potamogeton perfoliatus*, *P. lucens*, *P. gramineus*) s drugim vrstama, npr. krocanj (*Myriophyllum spicatum*), vodeni žabnjaci (npr. *Ranunculus trichophyllus*), dok se u obalnom dijelu mogu razvijati livade jezernica (npr. *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*), zajednice malih šiljeva obala koje periodički presušuju (*Nanocyperion*), dok u pojasu helofita, odn. trščaka dominira oblič (*Schoenoplectus lacustris*) kojem se pridružuju i druge vrste u manjoj mjeri (*Phragmites australis*, *Typha* spp., *Sparganium erectum*, *Mentha aquatica*, *Lythrum salicaria* itd.). Livade lokvanja i lopoča mogu biti obilno razvijene, ali zauzimaju ograničeni pojas i ne prekrivaju većinu površine stajačice. Zajednice plutajućih makrofita s mriješnjacima plutajućih listova mogu biti obilno razvijene razvijaju se u manjoj mjeri i abundancijom znatno zaostaju za submerznim zajednicama.

Duboke stajačice

Maksimalni ekološki potencijal odgovarao bi oligotrofnim, stratificiranim dubokim jezerima s livadama alga parožina (*Characeae*) koje sežu do dubina većih od 10 m. Također su moguće i sastojine drugih submerznih makrofita, no njihova pokrovnost je manja od pokrovnosti livada parožina. Obalna helofitska vegetacija je načelno oskudna, a razvija se na dijelovima s blago položenom obalom.

Literatura

Alaoui K. S., Galoux D., Rosillon F. 2014: Macrophytes: Limitations of using them to assess reservoir status according to the Water Framework Directive. International Journal of water Sciences. DOI 10.5772/57435.

Anonymus 2008. UKTAG Guidance on the classification of ecological potential for heavily modified water bodies and artificial water bodies. WDF UK TAG.

Borhidi A. 1995. Social behaviour types, the naturalness nad relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. Acta Botanica Hungarica 39, 97-181.

Borja A., Elliott, M. 2007. What does 'good ecological potential' mean, within the European Water Framework Directive? Mar. Pollut. Bull. 54, 159-1564.

- Ciecierska H., Kolada A., 2014. ESMI: a macrophyte indeks for assessing the ecological status of lakes. *Environ. Monit. Assess.* DOI 10.1007/s10661-014-3799-1.
- Chytrý M. (ed.), 2011. *Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace*. Academia, Praha.
- Dudley B., Dunbar M., Penning E., Kolada A., Hellsten S., Oggioni A., Bertrin V., Ecke F., Søndergaard M., 2012. Measurements of uncertainty in macrophyte metrics used to assess European lake water quality. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-012-1338-z.
- Ellenberg, H., Leuschner C.. 2010. *Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas, Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, Chapter 27, UTB GmbH, Stuttgart.
- Engloner A. 2012. Alternative ways to use and evaluate Kohler's ordinal scale to assess aquatic macrophyte abundance. *Ecological Indicators* 20, 238-243.
- Gecheva G., Cheshmedjiev S., Dimitrova-Dyulgerova I., 2011. Macrophyte-based assessment of the ecological status of lake sin Bulgaria. *Ecologia Balkanica* 3, 25-40.
- Gecheva G., Yurukova L., Cheshmedjiev S., Varadinova E. 2013. Integrated assesment of the ecological status of Bulgarian lowland and semi-mountain natural lakes. *Journal of Environmental Protection*, 4, 29-37.
- Gecheva G., Dimitrova-Dyulgerova I., Cheshmedjiev S., 2013. Macrophytes. In Belkinova, D., Gecheva, G. (eds.): *Biological analysis and ecological status assessment of Bulgarian surface water ecosystems*, Plovdiv University Publishing House, Plovdiv.
- Hering D., Feld Ch.K., Moog O., Ofenböck Th. 2006. Cook book for the development of a Multimetric Indeks for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia* 566, 311-324.
- Hoeschm A., Buhle M. 1996. Ergebnisse der Makrophytenkartierung Brandenburgischer Gewässer und Vergleich zum Trophiestufensystem der TGL. *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands* 2, 84-101.
- Kohler A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft und Stadt* 10, 73-85.
- Kolada A., 2010. The use of aquatic vegetation in lake assessment: testing the sensitivity of macrophyte metrics to antropogenic pressures and water quality. *Hydrobiologia* 656: 133-147.
- Kolada A. 2016. The use of helophytes in assessing eutrophication of temperate lowland lakes: Added value? *Aquatic Botany* 129: 44-54.
- Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmli W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F.H., Theurillat J., Urmi E., Vust M., Wohlgemuth T. 2010. *Flora indicativa - Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennteichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*, Haupt Verlag, Bern.

Lukács B.A., Papp B. 2015. Methods for assessment of macrophytes in rivers, lakes and reservoirs. Method proposed by the Hungarian advisory team of macrophyte. Ministry of rural development, Budapest.

Lukács B.A., Tóth A., Baranyai-Nagy A., 2015. Methods for assessment of macrophytes in rivers, lakes and reservoirs. A field protocol. Ministry of rural development, Budapest.

Oberdorfer E. 2001. Pflanzensozilogische Exkurzionflora, E. Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim).

Pall K., Mayerhofer V., Mayerhofer S., Pall S. 2015. Development of national ecological status assessment methodology for natural lakes based on macrophytes. ANAR ORDER 16477.

Poikane S., van den Berg M., Hellsten S., de Hoyos C., Ortiz-Casas J., Pall K., Portielje R., Phillips G., Solheim A.L., Tierney D., Wolfram G., van de Bund W. 2011. Lale ecological assessment systems and intercalibration for the European Framework Directive: aims, achievements and further challenges. *Procedia Environmental Sciences* 9, 153-168.

Poikane S., Birk S., Böhmer J., Carvalho L., de Hoyos C., Gassner H., Hellsten S., Kelly M., Solheim A.L., Olin M., Pall K., Phillips G., Portielje R., Ritterbusch D., Sandin L., Schartau A.-K., Solimini A.G., van den Berg M., Wolfram G., van de Bund W., 2015. hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological Indicators* 52, 533-544.

Schaumburg J., Schranz C., Hofmann G., Stelzer D., Schneider S., Schmedtje U. 2004. Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes – a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34, 302-314.

Schneider S. 2001. Bioindikation der Trophie in Fließgewässern mit Hilfe submerser Makrophyten. Bayerischer Landesamt für Wasserwirtschaft, München.

Schneider S. 2007. Macrophyte trophic indicator values from a European perspective. *Limnologica* 37, 281-289.

Schaumburg J., Schranz C., Stelzer D., Hofmann G. 2007. Action instructions for the ecological evaluation of lakes for implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and phytobentos. Bavarian Environment Agency, 69.

Simon T., Horánsky A., Dobloyi K., Szerdahelyi T., Horvath F. 1992. A magyar edényes flora értékelő táblázata. In: Simon, T. (ed.), A magyarországi edényes flora határozója. Nemzeti Tankönyvkiado, Budapest, 837-955.

Solheim A.L., Rekolainen S., Moe J. S., Carvalho L., Phillips G., Ptacnik R., Penning E.W., Toth L.G., O'Toole C., Schratou A.-K.L., Hestelhagen T. 2008. Ecological threshold responses in European lakes and their applicability for the Water Framework Directive (WFD) implementation: synthesis of lakes results from the REBECCA project. *Aquat. Ecol.* 42, 317-334.

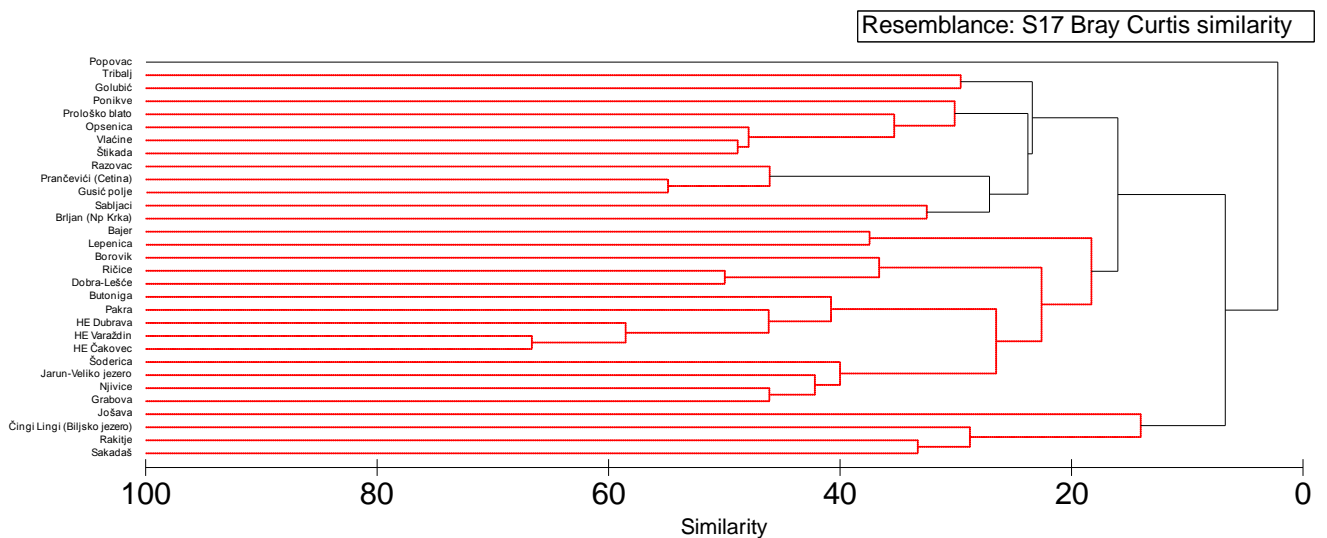
Stelzer D., Schneider S., Melzer A. 2005. Macrophyte based assesment of lakes – a contribution to the implementation of European Water Framework Directive in Germany. *International Rewiew of Hydrobiology* 90, 223-237.

Zervas D., Tsiaoussi V., Tsiripidis I. 2016. Report on the development of the national assessment method for the ecological status of natural lakes in Greece, using the Biological Quality Element „Macrophytes“ (Hellenic Lake Macrophytes-HeLM assessment method). Greek Biotope/Wetland Centre and Special Secretariat for Waters, Ministry of Environment, Themi.

Zervas D., Tsiaoussi V., Tsiripidis I. 2018. HeLM: a macrophyte-based method for monitoring and assessment of Greek lakes. *Environ. Monit. Assess.* 190: 326.

Weyer van de K. 2006. Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie. Merkblatt 52. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen.

Prilog 1. Klusterska analiza vodnih tijela na temelju florističkog sastava. Crno su označene grane koje su statistički signifikantne na temelju Simproff testa. Dendrogram pokazuje sličnost istraživanih vodnih tijela na temelju vegetacije makrofita. Uočljivo je da postoji temeljno grupiranje vodinih tijela s obzirom na Dinaridsku i Panonsku ekoregiju, te jasno grupiranje dravskih akumulacija. Nadalje, unutar pojedinih ekoregija ne postoji formiranje jasnih grupa što je objašnjivo sličnim skupom vrsta koji naseljava većinu od istraživanih vodnih tijela. Takav rezultat omogućio je izradu objedinjenog sustava ocjene ekoloških potencijala s obzirom na dubinu kao glavni kriterij, a bez daljnjih geografskih podjela.



14. GRANIČNE VRIJEDNOSTI ZA DOBAR I BOLJI TE UMJEREN EKOLOŠKI POTENCIJAL ZA OSNOVNE FIZIKALNO-KEMIJSKE POKAZATELJE

Fizikalno-kemijska obilježja imaju krucijalan utjecaj na sve biološka zajednice i odgovorni su za sastav i strukturu zajednica. Određeni fizikalno-kemijski pokazatelji određuju određene tipove stajačica i važni su tipološki pokazatelji (primjerice alkalinitet, provodljivost, temperatura vode), dok su drugi pokazatelji pojedinih pritisaka. Temeljni pokretači eutrofikacije u stajaćicama su donos nutrijenata i svjetlosni uvjeti koji primarno definiraju obim i intenzitet primarne proizvodnje. Primjerice pokazatelji hranjivih tvari direktno određuju primarnu proizvodnju i određuju sastav dijatomejskih algi te sastav i biomasu fitoplanktonske zajednice.

Prema mnogim autorima sadržaj klorofila *a* ukazuje na koncentraciju biomase fitoplanktona. Stoga su vrijednosti klorofila *a* indirektni pokazatelj eutrofikacije, te smo navedeni pokazatelj direktno koristili prilikom razvoja sustava ocjene ekološkog potencijala temeljem BEK. Nadalje, bez podataka o fizikalno-kemijskim obilježjima istraživanih akumulacija i umjetnih stajačica ne bismo bili u mogućnosti opisati odnose i reakcije zajednica fitobentosa, makrozoobentosa i makrofita u odnosu na pokazatelje eutrofikacije kao najznačajnijeg pritiska u stajaćicama.

Postavljanje graničnih vrijednosti za nutrijente (fizikalno-kemijska parametre) za jezera i akumulacije (kao i za rijeke) jedno je od najvažnijih pitanja u Europi i najvažniji je zadatak Joint Research Centre (JRC), istraživačkog centra koji provodi politiku Europske komisije, između ostalog i u području zaštite okoliša. Međutim, još uvijek nisu razvijeni i opće prihvaćeni alati za uspostavljanje granica fizikalno-kemijskih parametara. Jedna je mogućnost da se uzmu u obzir vrijednosti kemijskih varijabli vodnih tijela dobrog i vrlo dobrog ekološkog stanja, odnosno potencijala. Granice klasa za sada se temelje na biologiji, koje su postavljene na temelju dobrih ili referentnih vodnih tijela s niskim pritiscima. Usprkos svemu, JRC je ipak razvio alat za izračunavanje granica dobrog/umjerenog ekološkog stanja za ukupni fosfor. No navedeni je alat još uvijek u fazi testiranja od strane članica EU, te će JRC uskoro u Bukureštu organizirati sastanak kako bi se prodiskutirali postignuti rezultati. Korištenje alata zahtijeva veliku bazu podataka i dobre odnose između pritisaka i pojedinih metrika, odnosno karakteristika zajednica vodenih organizama. Budući da većina država članica nema razvijen sustav ocjene ekološkog stanja (potencijala) temeljem fizikalno-kemijskih pokazatelja, uporaba navedenih alata u ovom je trenutku upitna. Valja napomenuti da za akumulacije i umjetne stajačice Panonske ekoregije raspoložemo s bazom podataka koja obuhvaća mjesečne podatke na bazi jedne godine, stoga je pokušaj određivanja granica klasa temeljem percentila vrlo upitan i dvojbena, tim više što pojedine članice koje imaju postavljene granice na navedeni način i uz veću bazu podataka su dosta kritizirane i navedena praksa za sada nije prihvaćena. Stoga u ovom trenutku predlažemo nastavak praćenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja u akumulacijama i umjetnim stajaćicama, kako bismo bili u mogućnosti odrediti granice klasa u budućnosti kada JRC i Europska komisija daju potrebne preporuke i odrednice.

Pojedine akumulacije u Panonskoj ekoregiji Republike Hrvatske odlikuju se s povećanim koncentracijama hranjivih tvari, što rezultira s relativno visokom biomasom fitoplanktona. Za postizanje dobrog ekološkog potencijala, neophodna je redukcija unosa hranjivih tvari. U

optimalnim uvjetima uz veliku bazu podataka moguća je demonstracija jasnog odnosa između pojedinih metrika baziranih na kvalitativnom i kvantitativnom sastavu bioloških zajednica i stresora te određivanje tip specifičnih ciljanih vrijednosti za esencijalne makronutrijente. U nedostatku velike baze podataka, u svrhu određivanja graničnih vrijednosti hranjivih tvari za dobar i umjeren ekološki potencijal, odlučili smo se za korištenje regresijske formule za izračunavanje ciljanih vrijednosti za ukupan fosfor (TP) i ukupan dušik (TN) temeljem njihovog odnosa s koncentracijom klorofila *a* (Chl-*a*) (Philips i sur., 2008). Autori demonstriraju jasan linearan odnos između TP (raspon vrijednosti od 0-100 µg L⁻¹) i Chl-*a* te TN (raspon vrijednosti od 0- 1.700 µg L⁻¹) i Chl-*a* temeljem velike interkalibracijske baze podataka za europska jezera. Navedeni odnos opisan je temeljem slijedeće linearne regresijske formule:

$$\text{Log}_{10} \text{Chl} = -0.455(\pm 0.020) + 1.026(\pm 0.016)\text{Log}_{10}\text{TP} \quad R^2 = 0.78 \quad (\text{TP} \setminus 100 \mu\text{g L}^{-1})$$

$$\text{Log}_{10} \text{Chl} = -2.828(\pm 0.093) + 1.355(\pm 0.035)\text{Log}_{10}\text{TN} \quad R^2 = 0.58 \quad (\text{TN} \setminus 1,700 \mu\text{g L}^{-1})$$

Koristeći gore navedene formule moguće je temeljem izmjerenih TP vrijednosti u vodi stajaćice predvidjeti Chl-*a* koncentracije i obrnuto. Također je moguće predvidjeti TP vrijednosti za postizanje određene Chl-*a* koncentracije.

U tablici 14.1 dana je procjena ciljanih TP i TN vrijednosti, za postizanje dobrog ekološkog potencijala za biotičke tipove akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije, temeljem gore navedenih formula.

Tablica 14.1. Tip specifične preporučene granične vrijednosti dobrog i boljeg te umjerenog potencijala za Chl-*a*, ukupni fosfor i ukupni dušik za pojedine tipove akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije.

Tip stajaćice	Chl- <i>a</i> (µg L ⁻¹)	Ukupni fosfor (µg L ⁻¹)	Ukupni dušik (µg L ⁻¹)
vrlo plitka akumulacija i umjetna stajaćica	24,6	63	1300
plitka akumulacija i umjetna stajaćica	12	32	770
duboka umjetna stajaćica	15	39	900
ak. s kratkim vremenom zadržavanja vode	8,7	23	600

Literatura

Phillips G., Pietiläinen O.-P., Carvalho L., Solimini A., Solheim A.L., Cardoso A. C. 2008. Chlorophyll-nutrient relationships of different lake types using a large European dataset. *Aquat. Ecol.* 42:213-226.

15. UKUPNA OCJENA EKOLOŠKOG POTENCIJALA TEMELJEM SVIH BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE

Ukupna ocjena ekološkog potencijala svih istraživanih akumulacija i umjetnih stajačica prikazana je u tablici 15.1. Za makrozoobentos odnosno fitobentos za ukupnu ocjenu određene akumulacije (umjetne stajačice) odabrana je postaja u kojoj je zabilježena najniža vrijednost predloženog indeksa, odnosno OEK. Ukupnu ocjenu ekološkog potencijala određuje onaj biološki element koji ukazuje na najlošiji ekološki potencijal.

Za šodericu Novo Čiče nije dana ocjena temeljem makrofita, jer zbog iskopavanja šljunka nije moguć razvoj makrofitske vegetacije. Slična je situacija is bivšom šodericom Rakitje, gdje se čini da je kolonizacija makrofitima u tijeku, je je pronađena samo jedna makrofitska vrsta temeljem koje nije moguće napraviti procjenu.

Tablica 15.1 Ukupna ocjena ekološkog potencijala za istraživane akumulacije i umjetne stajačice temeljem svih BEK.

Akumulacija	OEK				Ekološki potencijal
	Fitobentos	Makrozoobentos	Fitoplankton	Makrofiti	
Biljsko jezero	0.80	0.80	-	0.21	Loš
Borovik	0.90	0.86	0.78	0.25	Umjeren
Ak. HE Čakovec	0.86	0.67	0.51	0.06	Loš
Ak. HE Dubrava	0.87	0.67	0.46	0.09	Loš
Grabova	0.76	0.67	0.71	0.33	Umjeren
Jarun	0.87	0.90	0.91	0.57	Dobar i bolji
Jošava	0.62	0.43	0.49	0	Vrlo loš
Lapovac	0.89	0.35	0.59	0	Vrlo loš
Novo Čiče	1.00	-	0.92	-	Dobar i bolji
Pakra	0.91	0.40	0.72	0.45	Umjeren
Popovac	0.57	0.29	0.37	0	Vrlo loš
Rakitje	0.91	0.89	0.79	-	Dobar i bolji
Sakadaš	0.81	0.60	0.35	0.25	Loš
Šoderica Koprivnica	0.92	0.83	0.91	0.55	Dobar i bolji
Ak. HE Varaždin	0.78	0.74	0.66	0.09	Loš

U aktivnoj šljunčari Novo Čiče predlažemo da makrozoobentos bude nerelevantni biološki element te da se ekološki potencijal ocijeni temeljem fitobentosa i fitoplanktona, kao relevantnih bioloških elementa. Budući da se radi o aktivnoj šljunčari prisutne su velike disturbancije i izmjene karakteristika litoralnog područja, te nije moguć razvoj stabilne zajednice makrozoobentosa. Ako isključimo zajednicu makrozoobentosa šljunčara Novo Čiče ima dobar i bolji ekološki potencijal.

Za dravske akumulacije predložili smo primjenu metode ocjene na temelju fitoplanktona rijeka, jer kraće zadržavanje vode onemogućuje razvoj tipične jezerske fitoplanktonske zajednice. Međutim, sastav zajednice i biomasa fitoplanktona rijeka više je ili manje slučajna, što rezultate ocjene čini

nesigurnim. Niske vrijednosti klorofila *a* u rijekama lako se mogu povećati zbog naglih dotoka vode ili manjih poplava koje povremeno mogu donositi veću količinu bentičkih elemenata. Navedeno može povećati koncentracije klorofila *a* i tako smanjiti vrijednosti OEK. U drugim slučajevima, manje poplave podudaraju se s višom koncentracijom anorganskih tvari koje mogu smanjiti dostupnost svjetla, a time i biomasu planktona, čak i u slučajevima kad je voda obogaćena nutrijentima. Upravo zbog navedenih nesigurnosti, predlažemo da se u dravskim akumulacijama fitoplankton proglašuje nerelevantnim elementom i da se ekološki potencijal ocjenjuje temeljem drugih BEK.

Kao što je vidljivo na najlošiji ekološki potencijal istraživanih akumulacija i umjetnih stajaćica ukazuju makrofiti. Razvoj makrofitske vegetacije određuju uvjeti prodora svjetla ali i gustoća populacija riba. Dakle, biogeni i ne biogeni elementi mogu značajno utjecati na ocjenu ekološkog potencijala temeljem makrofita. Turbiditet (zamućenost) vode značajno utječe na prodor svjetla i razvoj makrofita, a može biti posljedica ili razvoja fitoplanktona ili drugih ne biogenih čestica u vodi uzrovanih vjetrom ili gustih populacija ciprinidnih riba koje se hrane na dnu dižući sediment. Takova situacija prisutna je u Biljskom jezeru te akumulacijama Grabova i Borovik gdje makrofiti nisu razvijeni uslijed povećanog turbiditeta kojemu uzrok nije samo fitoplankton, jer su vrijednosti klorofila *a* relativno male. U dravskim akumulacijama ekološki potencijal je loš zbog dominacije vodene kuge (*Elodea canadensis*), strane invazivne vrste. Fizikalno-kemijski parametri ne upućuju na loše stanje.

Sakadaško jezero je vrlo specifičan jezerski sustav s obzirom da se nalazi u poplavnom području rijeke Dunav te su hidrobiocenoze unutar tog ekosustava u direktnoj ovisnosti o vodostaju Dunava. Budući da tijekom visokog vodostaja Dunava dolazi do prodora riječne vode u Sakadaš, to mijenja turbiditet na dva načina: Dunav donosi vodu s većom količinom dispergiranih čestica, a isto tako poplavni puls uzrokuje disturbanciju i miješanje vode. Sakadaš je po svim karakteristikama specifičan sustav: radi se o otvorenom sustavu u kojem dotok i otjecanje tvari varira ovisno od vodnog režima rijeke Dunav. Također budući da se radi o zaštićenom području, držimo da ne bi trebalo provoditi dodatne mjere upravljanja vodama.

U Tablici 15.2 dan je pregled istraživanih stajaćica uz pripadajući biotički i abiotički tip te predloženih indeksa za pojedine BEK, temeljem kojih je izvršena ocjena ekološkog potencijala.

Tablica 15.2 Istraživane stajaćice uz odgovarajući biotički i abiotički tip te predloženi indeksi za pojedine BEK.

Stajaćica	Abiotički tip	Biotički tip		Klasifikacijski sustav			
		Fitoplankton i Fitobentos	Makrozoobentos i Makrofita	Fitoplankton	Fitobentos	Makrofita	Makrozoobentos
Panonska ekoregija							
Biljsko jezero	Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Borovik	Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Ak. HE Čakovec	Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi s kratkim vremenom zadržavanja vode	Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode	Plitke akumulacije i stajaćice	nije relevantan	IPSITI	RI	HMIJ
Ak. HE Dubrava	Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi s kratkim vremenom zadržavanja vode	Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode	Plitke akumulacije i stajaćice	nije relevantan	IPSITI	RI	HMIJ
Grabovo	Nizinske srednje velike i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Jarun	Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Jošava	Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Lapovac II	Nizinske male i plitke akumulacije u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Novo Čiče	Nizinske male i duboke šljunčare u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Duboke umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	nije relevantan	nije relevantan
Pakra	Nizinske srednje velike i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Popovac	Nizinske male i vrlo plitke akumulacije u silikatnoj podlozi	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Rakitje	Nizinske srednje velike i vrlo plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Vrlo plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	nije relevantan	HMIJ
Sakadaško jezero	Nizinske male i plitke umjetne stajaćice u miješanoj silikatno organogenoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Šoderica	Nizinske srednje velike i plitke umjetne stajaćice u silikatnoj podlozi	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	HLPI	MIL	RI	HMIJ
Koprivnica	Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi	Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	nije relevantan	IPSITI	RI	HMIJ
Ak. HE Varaždin	Nizinske srednje velike i plitke akumulacije u silikatnoj podlozi s kratkim vremenom zadržavanja vode	Akumulacije na velikim rijekama s kratkim vremenom zadržavanja vode	Plitke akumulacije i umjetne stajaćice	nije relevantan	IPSITI	RI	HMIJ

HLPI - indeks za fitoplankton jezera; biomasa cijanobakterija

MIL - multimetrijski dijatomejski indeks (fitobentos)

IPSITI-multimetrijskih dijatomejski indeks (fitobentos)

RI -referentni indeks za makrofiti

HMIJ- Hrvatski multimetrijski indeks za jezera (makrozoobentos)

16. STRATEGIJA I PRIJEDLOG MONITORINGA

Temeljem Okvirne Direktive o vodama (Vodič br. 7) preporuča se da broj monitoring stanica na nekom vodenom tijelu bude odgovarajući da bi se mogli ocijeniti eventualni utjecaji i značajniji antropogeni pritisci.

Uzorkovanje fitobentosa treba obaviti u proljeće u litoralnoj zoni akumulacija i umjetnih stajaćica na reprezentativnim postajama čije su koordinate prikazane u tablici 15.1. Ne preporuča se uzorkovanje nakon obilnih kiša i neposredno nakon visokih vodostaja.

Uzorkovanje makrozoobentosa predlaže se u toplijem dijelu godine u vrijeme niskih vodostaja. U dravskim akumulacijama poželjno je sakupiti uzorke u prosincu ili siječnju, kada su prirodno najniži vodostaji u rijeci Dravi. Uzorke treba sakupiti prije zamrzavanja vode u akumulacijama. Prijedlog postaja za budući monitoring makrozoobentosa prikazan je u tablici 15.2. Budući da su dravske akumulacije specifične, u svakoj od njih predložimo po dvije monitoring postaje, kako bismo imalo dovoljno veliku bazu podataka za testiranje predloženog sustava u budućnosti. Također dvije monitoring postaje predlažu se i u onim akumulacijama i umjetnim stajaćicama na kojima smo dobili značajno različite ocjene ekološkog potencijala (Jošava, Lapovac, Pakra, Popovac).

Tablica 16.1. Poredložene monitoring postaje za uzorkovanje fitobentosa.

Akumulacija	Koordinate postaja
Biljsko jezero	45.59153; 18.73839
Borovik	45.39169; 18.18693
Ak. HE Čakovec	46.31263; 16.37021
Ak. HE Dubrava	46.32488; 16.60154
Grabova	45.26858; 19.06947
Jarun	45.7816; 15.92521
Jošava	45.33069; 18.43252
Lapovac	45.48027; 18.11297
Novo Čiče	45.71174; 16.10337
Pakra	45.43809; 16.89871
Popovac	45.6377; 16.87405
Rakitje	45.78997; 15.8441
Sakadaš	45.60828; 18.80041
Šoderica Koprivnica	46.23852; 16.92148
Ak. HE Varaždin	46.39212; 16.16303

16.2. Predložene monitoring postaje za uzorkovanje fitobentosa i makrozoobentosa.

Akumulacije / postaje	Koordinate postaja
Biljsko jezero	45.59153, 18.73839
Borovik	45.39169, 18.18693
Ak. HE Čakovec 1	46.31263, 16.37021
Ak. HE Čakovec 2	46.31296, 16.46441
Ak. HE Dubrava 1	46.32488, 16.60154
Ak. HE Dubrava 2	46.32749, 16.71895
Grabova 1	45.27137, 19.07381
Grabova 2	45.26858, 19.06947
Jarun	45.7816, 15.92521
Jošava 1	45.32281, 18.45246
Jošava 2	45.33069, 18.43252
Lapovac 1	45.48027, 18.11297
Lapovac 2	45.47012, 18.10989
Pakra 1	45.43809, 16.89871
Pakra 2	45.42731, 16.90125
Popovac 1	45.6377, 16.87405
Popovac 2	45.63955, 16.87171
Rakitje 1	45.78997, 15.8441
Sakadaš 1	45.60828, 18.80041
Šoderica Koprivnica	46.23852, 16.92148
Ak. HE Varaždin 1	46.39212, 16.16303
Ak. HE Varaždin 2	46.38085, 16.18728

Monitoring makrofita valja provoditi na barem dva vertikalna profila u akumulacijama i umjetnim stajaćicama, radi heterogenosti makrofitske zajednice i iznimne osjetljivosti predložene metode za ocjenu ekološkog potencijala na ukupan broj makrofitskih vrsta. Broj postaja na svakom od vodnih tijela treba prilagoditi sukladno prethodno opisanoj metodologiji za uzorkovanje makrofita kako bi se pokrila ukupna raznolikost makrofitske vegetacije. Izuzetak su jedino akumulacije na rijeci Dravi gdje dolazi do porasta dubine, udaljavanjem od repnog dijela akumulacije što onemogućava razvoj makrofita. Stoga monitoring makrofita valja provoditi u repnom dijelu navedenih akumulacija. Predložene postaje za monitoring makrofita prikazane su u tablici 16.2.

Tablica 16.2. Predložene monitoring postaje za uzorkovanje makrofita.

Akumulacije / postaje	Koordinate postaja
Biljsko jezero 1	45.59153, 18.73839
Biljsko jezero 2	45.58986, 18.73741
Borovik 1	45.39169, 18.18693
Borovik 2	45.37858, 18.18906
Ak. HE Čakovec	46.31263, 16.37021
Ak. HE Dubrava	46.32488, 16.60154
Grabova 1	45.27137, 19.07381
Grabova 2	45.26858, 19.06947
Jarun 3	45.77966, 15.92122
Jošava 2	45.33069, 18.43252
Lapovac 1	45.48027, 18.11297
Lapovac 2	45.47012, 18.10989
Novo Čiče 1	45.71174, 16.10337
Novo Čiče 2	45.70802, 16.09976
Pakra 1	45.43809, 16.89871
Pakra 2	45.42731, 16.90125
Popovac 1	45.63777, 16.87405
Popovac 2	45.63955, 16.87171
Rakitje 1	45.78997, 15.8441
Rakitje 2	45.79885, 15.82979
Sakadaš 1	45.60828, 18.80041
Sakadaš 2	45.61082, 18.80003
Šoderica Koprivnica 1	46.23603, 16.90369
Šoderica Koprivnica 3	46.23852, 16.92148
Ak. HE Varaždin	46.39212, 16.16303

U aktivnoj šljunčari Novo Čiče predlažemo uzorkovanje fitobentosa i fitoplanktona, kao relevantne biološke elemente. Ne preporučamo uzorkovanje makrofita i makrozoobentosa zbog stalnih izmjena karakteristika litoralnog područja, radi eksploatacije šljunka.

Uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu fitoplanktona uzimaju se iz čamca, na najdubljem mjestu umjetne stajačice ili akumulacije. Uzorkovanje fitoplanktona u umjetnim stajaćicama i akumulacijama obavlja se tijekom dana, jednom mjesečno od travnja do rujna tekuće godine.

Uzorkovanje svih bioloških elemenata i laboratorijske analize valja provoditi prema preporukama u poglavlju 6 ovog elaborata.

Budući da su opće poznata godišnja kolebanja u sastavu bioloških zajednica, predlažemo nastavak monitoringa svih BEK u slijedećem petogodišnjem razdoblju, prvenstveno radi povećanja podatkovne osnove, nakon čega predlažemo ponovno testiranje i verifikaciju predloženih sustava ocjene ekološkog potencijala.

Upravo zbog mogućih godišnjih varijacija i oscilacija u sastavu bioloških zajednica, predlažemo u razdobljima izvještavanja nakon 2024. godine trogodišnji monitoring te korištenje srednjih

vrijednosti OEK za trogodišnje razdoblje. Navedeni pristup bi dao pouzdane informacije o ekološkom potencijalu akumulacija i umjetnih stajaćica za šestogodišnje razdoblje izvještavanja. Trogodišnji podaci OEK moraju, uz pretpostavku da neće doći do značajnih promjena u načinima korištenja i aktivnostima u vodnim slivovima, biti dovoljni za opisivanje ekološkog potencijala akumulacija Panonske ekoregije Republike Hrvatske.

17. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Nakon uspostave operativne liste svojti jedan od prvih zadataka projekta bio je ocijeniti ekološko stanje svih stajaćica na temelju BEK makrozoobentos i makrofita, koristeći pokazatelje/indekse (modul opće degradacije) za rijeke prema „Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće“. Dobiveni rezultati uglavnom pokazuju 1-2 klase lošije stanje u odnosu na novo predložene sustave ocjene ekološkog potencijala koji su razvijeni u ovom elaboratu, što je i očekivano i što opravdava učinkovitost i svrsishodnost novo predloženog sustava ocjene.

Prilikom ocjene ekološkog potencijala akumulacija I umjetnih stajaćica u Panonskoj ekoregiji primjeni su elementi za ocjenjivanje stanja onih prirodnih tijela površinskih voda koja su im najbližija (kao što je i predloženo projektnim zadatkom) te je primijenjen slijedeći princip: ukoliko su sustavi ocjene razvijeni za najbliža usporediva prirodna vodna tijela primjenjivi na umjetna i znatno promijenjena vodna tijela te daju očekivane rezultate, suštinske promjene sustava ocjene ekološkog potencijala nisu nužne. U tom je slučaju vrlo dobro ekološko stanje (high ecological status, HES) jednako vrlo dobrom ekološkom potencijalu (engl. high ecological potential, HEP), a dobro ekološko stanje (engl. good ecological potential, GES) jednako je dobrom ekološkom potencijalu (engl. good ecological potential, GEP). U umjetnim i znatno promijenjenim stajaćicama te akumulacijama ekoregije 11 (Mađarska nizina) primijenjena su mađarska iskustva i rezultati Istočno kontinentalne interkalibracijske grupe (IC GIG) te Središnje – baltičke interkalibracijske grupe (CB GIG).

U razvoju sustava primijenjeni su principi koje određuje Dodatak 4 Okvirne direktive o vodama (ODV) EU, prema kojem se ocjena kakvoće vode na temelju fitoplanktona određuje pomoću izračunavanja biomase, određivanja sastava zajednice te cvjetanja. Koncentracija klorofila *a* (Chl-*a*) korištena je kao mjera za izračunavanje biomase fitoplanktona te su za svaki biološki tip predložene granice ekološkog stanja, odnosno pripadajućeg ekološkog potencijala. Za ocjenu ekološkog potencijala akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije na temelju dijatomeja korišteni su interkalibrirani multimetrijski indeksi. Metode korištene za ocjenu ekološkog stanja akumulacija i stajaćica u Panonskoj ekoregiji temeljem fitoplanktona i fitoebntosa prošle su interkalibraciju te znanstvenu recenziju.

Vrijednosti OEK temeljem fitoplanktona i fitobentosa akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije razlikuju se u određenoj mjeri. Razlog su niže vrijednosti OEK za fitoplankton, s naglaskom da razlike nisu veće od jedne kategorije ekološkog stanja/potencijala. Također, treba napomenuti kako su niže OEK vrijednosti za fitoplankton posljedica lagano povišenih koncentracije klorofila *a* u stajaćicama Sakadaš, Borovik i Lapovac, što rezultira umjerenim potencijalom za Sakadaš, a dobrim za Borovik i Lapovac. Za dravske akumulacije u prvom koraku predložili smo primjenu metode ocjene na temelju fitoplanktona rijeka, jer kraće zadržavanje vode onemogućuje razvoj tipične jezerske fitoplanktonske zajednice. Međutim, sastav zajednice i biomasa fitoplanktona rijeka više je ili manje slučajn, što rezultate ocjene čini nesigurnim. Niske vrijednosti klorofila *a* u rijekama lako se mogu povećati zbog naglih dotoka vode ili manjih poplava koje povremeno mogu donositi veću količinu bentičkih elemenata. Navedeno može povećati koncentracije klorofila *a* i tako smanjiti vrijednosti OEK. U drugim slučajevima, manje poplave

podudaraju se s višom koncentracijom anorganskih tvari koje mogu smanjiti dostupnost svjetla, a time i biomasu planktona, čak i u slučajevima kad je voda obogaćena nutrijentima. Upravo zbog navedenih nesigurnosti, predlažemo da se u dravskim akumulacijama fitoplankton proglašuje nerelevantnim elementom i da se ekološki potencijal ocjenjuje temeljem drugih BEK uključujući i fitobentos.

Za ocjenu ekološkog potencijala akumulacija i umjetnih stajaćica Panonske ekoregije temeljem makrozoobentosa, odlučili smo se razviti vlastiti model temeljem multiple linearne regresije. Kao glavni tipološki parametri za koje je procijenjeno da značajno utječu sa sastav i strukturu makrozoobentosa su: srednja dubina, nadmorska visina te volumen vodnog tijela. Ključni pritisci koji značajno utječu na makrozoobentos litorala istraživanih akumulacija su eutrofikacija i poribljavanje. Kao pokazatelji navedenih pritisaka odabrane su slijedeće varijable: NZP (postotak neprirodnog zemljišnog pokrova u slivnom području vodnog tijela), chl-*a* (koncentracija klorofila-*a* u µg/L) te ihtiomasa (masa ribe po hektaru površine stajaćice). Predloženi multimetrički indeks reagira na način da se u uvjetima povećanih pritisaka (eutrofikacija i poribljavanje) smanjuje vrijednost metrika; broj (N) porodica i Margalefov indeks raznolikosti, a u uvjetima višeg stupnja eutrofikacije povećava se udio tolerantnog plemena Chironomini (Diptera-Chironomidae).

Za metodu ocjene ekološkog potencijala temeljem makrofita odabran je referentni indeks (RI) razvijen u Njemačkoj, a kojeg su odabrale i prilagodile mnoge druge zemlje, npr. Mađarska, Rumunjska i Bugarska. Osim odnosa zastupljenosti indikatorskih vrsta u obzir se uzima i strukturiranost zajednice, te monodominantne sastojine pojedinih vrsta, prije svega pokazatelja poremećaja i stranih invazivnih vrsta (npr. *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*).

Temeljem dostupne baze podataka o fizikalno-kemijskim pokazateljima, za sada nismo bili u mogućnosti odrediti granice klasa. No, Republika Hrvatska u navedenom ne zaostaje za drugim članicama EU. Postavljanje graničnih vrijednosti za nutrijente (fizikalno-kemijska parametre) za jezera i akumulacije (kao i za rijeke) jedno je od najvažnijih pitanja u Europi i najvažniji je zadatak Joint Research Centre (JRC), istraživačkog centra koji provodi politiku Europske komisije, između ostalog i u području zaštite okoliša. Međutim, još uvijek nisu razvijeni i opće prihvaćeni alati za uspostavljanje granica fizikalno-kemijskih parametara. Jedna je mogućnost da se uzmu u obzir vrijednosti kemijskih varijabli vodnih tijela dobrog i vrlo dobrog ekološkog stanja, odnosno potencijala. Granice klasa za sada se temelje na biologiji, koje su postavljene na temelju dobrih ili referentnih vodnih tijela s niskim pritiscima. Usprkos svemu, JRC je ipak razvio alat za izračunavanje granica dobrog/umjerenog ekološkog stanja za ukupni fosfor. No navedeni je alat još uvijek u fazi testiranja od strane članica EU, te će JRC uskoro u Bukureštu organizirati sastanak kako bi se prodiskutirali postignuti rezultati. Korištenje alata zahtijeva veliku bazu podataka i dobre odnose između pritisaka i pojedinih metrika, odnosno karakteristika zajednica vodenih organizama. Budući da većina država članica nema razvijen sustav ocjene ekološkog stanja (potencijala) temeljem fizikalno-kemijskih pokazatelja, uporaba navedenih alata u ovom je trenutku upitna. Valja napomenuti da za akumulacije i umjetne stajaćice Panonske ekoregije raspolažemo s bazom podataka koja obuhvaća mjesečne podatke na bazi jedne godine, stoga je pokušaj određivanja granica klasa temeljem percentila vrlo upitan i dvojben, tim više što pojedine članice koje imaju postavljene granice na navedeni način i uz veću bazu podataka su dosta kritizirane i navedena praksa za sada nije prihvaćena. Stoga u ovom trenutku predlažemo nastavak praćenje osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja u akumulacijama i umjetnim

stajaćicama, kako bismo bili u mogućnosti odrediti granice klasa u budućnosti kada JRC i Europska komisija daju potrebne preporuke i odrednice.

Činjenica je da se pojedine akumulacije u Panonskoj ekoregiji Republike Hrvatske odlikuju s povećanim koncentracijama hranjivih tvari, što rezultira s relativno visokom biomasom fitoplanktona. Za postizanje dobrog ekološkog potencijala, neophodna je redukcija unosa hranjivih tvari, te smo svjesni činjenice da je potrebno na neki način za potrebe upravljanja vodama definirati granice hranjivih tvari za dobar i bolji te umjeren ekološki potencijal. U nedostatku velike baze podataka, u svrhu određivanja graničnih vrijednosti hranjivih tvari za dobar i umjeren ekološki potencijal, odlučili smo se za korištenje regresijske formule za izračunavanje ciljanih vrijednosti za ukupan fosfor (TP) i ukupan dušik (TN) temeljem njihovog odnosa s koncentracijom Chl-*a* temeljem velike interkalibracijske baze podataka za europska jezera.

Na najlošiji ekološki potencijal istraživanih akumulacija i umjetnih stajačica ukazuju makrofiti. Razvoj makrofitske vegetacije određuju uvjeti prodora svjetla ali i gustoća populacija riba. Dakle, biogeni i ne biogeni elementi mogu značajno utjecati na ocjenu ekološkog potencijala temeljem makrofita. Turbiditet (zamućenost) vode značajno utječe na prodor svjetla i razvoj makrofita, a može biti posljedica ili razvoja fitoplanktona ili drugih ne biogenih čestica u vodi uzrovanih vjetrom ili gustih populacija ciprinidnih riba koje se hrane na dnu dižući sediment. Takova situacija prisutna je u Biljskom jezeru te akumulacijama Grabova i Borovik gdje makrofiti nisu razvijeni uslijed povećanog turbiditeta kojemu uzrok nije samo fitoplankton, jer su vrijednosti klorofila-*a* relativno male. U dravskim akumulacijama ekološki potencijal je loš zbog dominacije vodene kuge (*Elodea canadensis*), strane invazivne vrste. Fizikalno-kemijski parametri ne upućuju na loše stanje.

U okviru dosadašnjih istraživanja i praćenja stanja, odnosno ekološkog potencijala u tekućicama i stajaćicama Hrvatske makrofiti su uzorkovani na preko 600 točaka, pri čemu je vodena kuga pronađena na njih 30-ak, s time da daleko najveće populacije tvori upravo na dravskim akumulacijama. Dravske akumulacije (Akumulacija HE Varaždin, Akumulacija HE Čakovec i Akumulacija HE Dubrava) jedinstvene su u odnosu na sve istraživane akumulacije i umjetne stajačice kako Panonske, tako i Dinarske ekoregije zbog masovnog pojavljivanja vodene kuge, strane invazivne vrste, što ih s obzirom na biološki element makrofita svrstava u loš ekološki potencijal. Akumulacije hidroelektrana na rijeci Dravi su zbog svojih karakteristika i konfiguracije terena pogodne za razvoj makrofitske zajednice. Zajedno s povremenim dotokom nutrijenata omogućen je prekomjerni nepoželjni razvoj ove invazivne vrste. Rezultat je stvaranje ogromne biomase koja višestruko nadmašuje biomasu svih drugih makrofitskih vrsta zajedno, ukoliko se uopće pojave.

Mjere ograničavanja ili uklanjanja vodene kuge se uglavnom oslanjaju na dvije osnovne metode – mehaničko uklanjanje i korištenje herbicida. S obzirom na njenu iznimno veliku abundanciju i činjenicu da dosadašnji pokušaji mehaničkog uklanjanja nisu dali rezultata, može se zaključiti da mehaničko uklanjanje s namjerom da se vodena kuga iskorijeni neće ni u budućnosti dovesti do očekivanog rezultata. Naime, nemoguće je u potpunosti ukloniti sve biljke, a s obzirom da se vrlo lako i brzo regeneriraju te da se iz ulomaka nastalih mehaničkim zahvatima također vrlo brzo regeneriraju, za očekivati je da će se populacije nakon takvih zahvata ubrzo obnoviti. Korištenje herbicida također ne dolazi u obzir jer bi se tim štetnim onečišćujućim tvarima opteretio čitav nizvodni tok rijeke Drave, koji je proglašen zaštićenim područjem (područje s kojeg se zahvaća

voda za ljudsku potrošnju, područje pogodno za život riba, područje namijenjeno zaštiti staništa ili vrsta gdje je održavanje ili poboljšanje stanja voda bitan element njihove zaštite).

S obzirom na navedeno može se zaključiti da ciljeve zaštite vodnog okoliša (odnosno dobar ekološki potencijal) na dravskim akumulacijama na kojima je loš ekološki potencijal uzrokovan masovnim pojavljivanjem vodene kuge, neće biti moguće postići do 2027. godine. Kako bi se pravovremeno i na odgovarajući način adresirao ovaj problem, predlaže se nadležnoj instituciji (Hrvatskim vodama) da se naprave ciljane analize u okviru provedbe akcijskog plana, na temelju kojih će se pokrenuti postupak primjene trajnog izuzeća od postizanja ciljeva zaštite voda, odnosno dobrog ekološkog potencijala. Navedeni pristup se, kako je propisano u članku 6. Uredbe o standardu kakvoće voda, primjenjuje na vodna tijela koja su pod utjecajem ljudskih aktivnosti, a odgovarajućim analizama se utvrdi da bi postizanje ciljeva zaštite voda bilo tehnički neizvedivo i/ili nerazmjerno skupo i to kada su svi slijedeći uvjeti ispunjeni:

- da se okolišne i društveno-ekonomske potrebe kojima ta ljudska aktivnost služi ne mogu zadovoljiti na drugi način koji predstavlja znatno bolju ekološku opciju, a koja bi zahtijevala nerazmjerne troškove.
- da je osigurano najviše moguće ekološko i kemijsko stanje površinskih voda, odnosno najmanje moguće promjene dobrog stanja podzemnih voda.
- da ne dolazi do daljnjeg pogoršanja stanja tijela površinske, odnosno podzemne vode i
- da su uspostavljanje i razlozi za uspostavljanje manje strogih ciljeva zaštite okoliša navedeni u Planu upravljanja vodnim područjima i preispituju se svakih šest godina.

Za hidroelektrane na rijeci Dravi je u Planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. utvrđeno da se okolišne i društveno-ekonomske potrebe kojima služi proizvodnja električne energije ne mogu zadovoljiti na drugi način. Uzimajući u obzir neupitan značaj ovih hidroelektrana koji je utvrđen u Planu i koji će se potvrđivati u sljedećim planskim razdobljima, konstatirat će se postojeći ekološki potencijal u danim uvjetima. Zbog toga se predlaže izrada akcijskog plana kao prvog koraka u adresiranju pitanja lošeg ekološkog potencijala u dravskim akumulacijama uzrokovanog masovnim pojavljivanjem vodene kuge.

Valja napomenuti da su predloženi sustavi ocjene ekološkog potencijala razvijeni i predloženi temeljem jednokratnog uzorkovanja makrozoobentosa, fitobentosa i makrofita. Fitoplankton je također uzrokovan samo tijekom 6-mjesečnog razdoblja, odnosno jedne vegetacijske sezone. Budući da su opće poznata godišnja kolebanja u sastavu bioloških zajednica, predlažemo nastavak monitoringa svih BEK u slijedećem petogodišnjem razdoblju, prvenstveno radi povećanja podatkovne osnove, nakon čega predlažemo ponovno testiranje i verifikaciju predloženih sustava ocjene ekološkog potencijala.

U svim narednim razdobljima, nakon 2024. godine, predlažemo trogodišnji monitoring te korištenje srednjih vrijednosti OEK za trogodišnje razdoblje. Navedeni pristup bi dao pouzdane informacije o ekološkom potencijalu akumulacija i umjetnih stajačica za šestogodišnje razdoblje izvještavanja. Trogodišnji podaci OEK moraju, uz pretpostavku da neće doći do značajnih promjena u načinima korištenja i aktivnostima u vodnim slivovima, biti dovoljni za opisivanje ekološkog potencijala akumulacija Panonske ekoregije Republike Hrvatske.