

PRILOGA M: METODOLOGIJA VREDNOTENJA EKOLOŠKEGA STANJA
OBALNEGA MORJA NA PODLAGI BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV

KAZALO VSEBINE

1	VZORČENJE BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV OBALNEGA MORJA	4
2	LABORATORIJSKA OBDELAVA VZORCEV BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV	5
3	VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA OBALNEGA MORJA NA PODLAGI BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV.....	6
3.1	Vrednotenje ekološkega stanja obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev - modul splošna degradiranost	6
3.1.1	UVRSTITEV MESTA VZORČENJA V EKOLOŠKI TIP OBALNEGA MORJA.....	7
3.1.2	IZRAČUN MULTIMETRIJSKEGA INDEKSA M-AMBI	7
3.1.3	UVRSTITEV MESTA VZORČENJA V RAZRED EKOLOŠKEGA STANJA PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST	8
3.1.4	IZRAČUN VREDNOSTI RAZMERJA EKOLOŠKE KAKOVOSTI PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST NA PODLAGI BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV IN UVRSTITEV VODNEGA TELESA OBALNEGA MORJA V RAZRED EKOLOŠKEGA STANJA PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST ZA IZBRANO OBDOBJE	8
3.2	Vrednotenje ekološkega stanja in razvrščanje vodnih teles obalnega morja v razrede ekološkega stanja na podlagi biološkega elementa bentoški nevretenčarji	9
4	VIRI	10

SLOVAR UPORABLJENIH IZRAZOV

metrika oz. indeks - merljiv del ali proces biološkega sistema, ki se spreminja z velikostjo obremenitve

modul – predstavlja vrsto obremenitve, katere vpliv na združbe vodnih organizmov (biološke elemente kakovosti) se vrednoti z izbranimi metrikami oziroma indeksi

normalizacija metrik – izračun razmerja ekološke kakovosti za posamezno metriko oz. indeks

razmerje ekološke kakovosti – razmerje med ugotovljeno vrednostjo metrike oz. indeksa na izbranem mestu vzorčenja in referenčno vrednostjo metrike oz. indeksa ob upoštevanju spodnje meje

referenčna vrednost – vrednost biološke metrike oz. indeksa v referenčnih razmerah, ki predstavlja izhodišče za izračunavanje razmerja ekološke kakovosti

referenčne razmere – razmere, ki predstavljajo vrednosti metrik oz. indeksov pri zelo dobrem ekološkem stanju

spodnja meja – vrednost biološke metrike oz. indeksa v zelo spremenjenih razmerah

transformacija metrik – transformacija vrednosti razmerja ekološke kakovosti (REK) metrike oz. indeksa; izbor transformacijske enačbe je odvisen od vrednosti REK

1 VZORČENJE BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV OBALNEGA MORJA

Vzorčenje poteka na mehkem dnu infralitorala na globini med 7 in 11 m. Vzorči se z Van Veenovim grabilom z vzorčevalno površino 0,1 m². Na vsakem vzorčnem mestu se zajame tri vzorce (paralelke). Vse nadaljnje korake obdelave se izvede ločeno za vsak vzorec posebej.

Vzorčenje poteka dvakrat letno, spomladi (konec maja, začetek junija) ter konec poletja/začetek jeseni (začetek septembra).

Frekvenca vzorčenja mora biti za zagotovitev visoke stopnje zaupanja vsaj 2-krat v 6 letnem ciklusu. Najboljše je, da se vsa mesta vzorčenja vzorčujejo v istem letu.

Dobljene vzorce sedimenta se že na palubi spere s slano vodo skozi sita z velikostjo odprtin 3,0 in 1,0 mm. Ločevanje na več velikostnih frakcij olajša spiranje in prebiranje organizmov. Večje in občutljive organizme se sproti pobere iz vzorca in shrani v posodici v 80% etanolu. Iz materiala, ki ostane na sitih (groba in fina frakcija), se odstrani večje kose kamnov in odmrlih lupin polžev in školjk, ostalo pa se shrani v posodicah z 80% etanolom. Vse posodice se označi z etiketo, na kateri je s svinčnikom napisana koda vzorca, sestavljena iz sezone in leta vzorčenja, ter vodnega telesa in mesta vzorčenja (npr. J13VT2P2).

Vsi podatki vezani na vzorčenje (datum, lokacija, vzorčevalci, stanje bibavice, globina vzorčenja, značilnosti sedimenta (barva, morebiten vonj, količina in značilnost materiala, ki ostane na sitih, prisotnost bentoških makroalg in morebitne druge posebnosti v vzorcu) se vpišejo na vzorčevalni list.

2 LABORATORIJSKA OBDELAVA VZORCEV BENTOŠKIH NEVRETENČARJEV

Obdelava vzorcev poteka v laboratoriju in je v grobem sestavljena iz dveh faz, spiranja in sortiranja, ter določanja. Vzorec se vedno obravnava kot celoto in se ga ne deli na podvzorce.

Vzorci so fiksirani z etanolom, zato se jih pred sortiranjem najprej spere z vodo na situ z velikostjo odprtín 0,5 mm. Spiranje vzorca naj poteka pod majhnim tokom vode, oz. v kadički z vodo, zato da se zmanjša verjetnost poškodb na živalih. Zaradi visoke hlapljivosti etanola je priporočljivo, da spiranje poteka v digestoriju.

Sprani vzorec se razprostire po banjici. Iz banjice se izloči organizme vidne s prostim očesom, ter se jih razvrsti po širših taksonomskih skupinah (mnogoščetinci, mehkužci, raki, iglokožci). Upošteva se samo tiste organizme, ki so bili ob vzorčenju, pred fiksiranjem vzorca, še živi. Izločene in razvrščene organizme se shrani v 70% etanolu.

Določanje in štetje organizmov poteka s pomočjo binokularne lupe in mikroskopa. Določa se do najmanjšega možnega taksona s pomočjo ustreznih določevalnih ključev in taksonomskih zbirk. Pregledane in določene osebké se shrani v 70% etanolu, v fiolah ali drugih primernih posodicaéh za dolgotrajno shranjevanje. Posamezno posodico se opremi z etiketo iz paus papirja, ki vsebuje naslednje podatke: koda vzorca in taksonomsko ime. Pridobljeni podatki se zapišejo v excelovo ali drugo ustrezno tabelo z vrstami in njihovim številom na vzorec.

3 VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA OBALNEGA MORJA NA PODLAGI BENTOŠKIH NEVRETEČARJEV

Vrednotenje ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/EC) predstavlja ugotavljanje spremenjenosti strukture in funkcije ekosistema v primerjavi z naravnimi – referenčnimi razmerami. Glede na ekološko kakovost se razvrsti ekosistem oz. vodno telo v enega od 5 razredov kakovosti ekološkega stanja (preglednica 1).

Preglednica 1: Razredi kakovosti ekološkega stanja

Razred kakovosti – ekološko stanje	
	Zelo dobro
	Dobro
	Zmerno
	Slabo
	Zelo slabo

Bentoški nevretenčarji so eden od bioloških elementov kakovosti na podlagi katerih vrednotimo ekološko stanje obalnega morja. Za ovrednotenje ekološkega stanja obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev je treba ovrednotiti stanje po modulu splošna degradiranost. Stanje po modulu splošna degradiranost se ovrednoti na podlagi indeksa M-AMBI.

3.1 Vrednotenje ekološkega stanja obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev - modul splošna degradiranost

Pri vrednotenju ekološke kakovosti vodnih teles obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev se uporabi normaliziran multimetrijski indeks M-AMBI (**M**ultimetric- **A**zti **M**arine **B**iotic **I**ndex).

Zaporedje korakov za pravilno vrednotenje ekološkega stanja z biološkim elementom bentoški nevretenčarji:

- uvrstitev mesta vzorčenja v ekološki tip obalnega morja,
- izračun multimetrijskega indeksa M-AMBI,
- uvrstitev mesta vzorčenja v razred ekološkega stanja po modulu splošna degradiranost,
- izračun vrednosti razmerja ekološke kakovosti po modulu splošna degradiranost na podlagi bentoških nevretenčarjev in uvrstitev vodnega telesa obalnega morja v razred ekološkega stanja po modulu splošna degradiranost za izbrano obdobje.

3.1.1 UVRSTITEV MESTA VZORČENJA V EKOLOŠKI TIP OBALNEGA MORJA

Vzorčevanje bentoških nevretenčarjev sedimentnega dna za vrednotenje ekološkega stanja lahko poteka v obeh tipih obalnega morja, to sta tipa OM M3 in OM M1, saj je uporaba te metodologije neodvisna od tipa obalnega morja in je vezana le na tip dna v vzorčevani globini, tj. mehko sedimentno dno.

3.1.2 IZRAČUN MULTIMETRIJSKEGA INDEKSA M-AMBI

Multimetrijski indeks M-AMBI temelji na faktorski analizi treh metrik:

- morskega biotičnega indeksa AMBI (**A**zti **M**arine **B**iotic **I**ndex), ki temelji na razdelitvi makrobentoških živali v ekološke skupine glede na stopnjo tolerance oziroma občutljivosti na naraščajočo stopnjo okoljskega stresa,
- števila najdenih taksonov v vzorcu (S) in
- Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H').

Vsaka metrika je normalizirana z referenčno vrednostjo izračunano posebej za razmere v slovenskem morju (preglednica 2). Izračun posameznih metrik in multimetrijskega indeksa M-AMBI se izvede z uporabo programske opreme AMBI index software, ki je prosto dostopen na spletni strani (<http://ambi.azti.es/>). Za izračun multimetrijskega indeksa M-AMBI je potrebno imeti excelovo tabelo s taksoni in njihovimi abundancami, v program pa je potrebno vnesti referenčne vrednosti za vse tri metrike (AMBI, S in H') in spodjo mejo za indeks AMBI.

Preglednica 2: Referenčne vrednosti metrik AMBI, S in H'

Metrika	S	H'	AMBI
Referenčna vrednost	91	5,87	1,34
Spodnja meja	0	0	6

* Pri AMBI se zaradi potrebe programske opreme navajata tako referenčna vrednost, kot tudi spodnja meja razpona indeksa

3.1.3 UVRSTITEV MESTA VZORČENJA V RAZRED EKOLOŠKEGA STANJA PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST

Na podlagi vrednosti indeksa M-AMBI (REK) se vzorce, mesta vzorčenja oz. vodna telesa razvršča v razrede ekološkega stanja. Meje med petimi razredi ekološkega stanja so podane v preglednici 3.

Preglednica 3: Razredi kakovosti ekološkega stanja in pripadajoče mejne REK vrednosti vrednotenja ekološkega stanja obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev

Razred kakovosti – ekološko stanje	Razmerje ekološke kakovosti - razpon
Zelo dober	$\geq 0,83$
Dober	0,62 - 0,82
Zmeren	0,41 - 0,61
Slab	0,20 - 0,40
Zelo slab	$< 0,20$

3.1.4 IZRAČUN VREDNOSTI RAZMERJA EKOLOŠKE KAKOVOSTI PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST NA PODLAGI BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV IN UVRSTITEV VODNEGA TELESa OBALNEGA MORJA V RAZRED EKOLOŠKEGA STANJA PO MODULU SPLOŠNA DEGRADIRANOST ZA IZBRANO OBDOBJE

Vodno telo se uvrsti v razred ekološkega stanja na podlagi izračuna aritmetičnega povprečja vseh REK vrednosti posameznih mest vzorčenja, ki se v njem nahajajo, za izbrano obdobje (enačba 1). Najmanjše možno obdobje za izračun modula je eno leto, v katerem so upoštevane tako spomladanske kot tudi jesenske REK vrednosti.

Enačba 1: Izračun razmerja ekološke kakovosti za vodno telo za posamezno leto na podlagi bentoških nevretenčarjev

$$M-AMBI_{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n M-AMBI_i}{n}$$

kjer je:

$M-AMBI_{VT}$ – razmerje ekološke kakovosti za vodno telo za posamezno leto,

$M-AMBI_i$ – razmerje ekološke kakovosti za i -to mesto vzorčenja (spomladanske in jesenske vrednosti),

n – število mest vzorčenja.

Modul splošna degradiranost na podlagi bentoških nevretenčarjev za vodno telo za izbrano obdobje se izračuna kot aritmetično povprečje vseh letnih REK vrednosti vodnega telesa, ki se v njem nahajajo, za izbrano obdobje (enačba 2). Izračunano vrednost se nato primerja z mejnimi vrednostmi razredov kakovosti v preglednici 3, in tako uvrsti vodno telo za izbrano obdobje v razred ekološkega stanja po modulu splošna degradiranost.

Enačba 2: Izračun modula splošna degradiranost na podlagi bentoških nevretenčarjev za vodno telo obalnega morja za izbrano obdobje

$$OM_{BN_{SD_o}} = \frac{\sum_{l=1}^m M-AMBI_{VT}}{m}$$

kjer je:

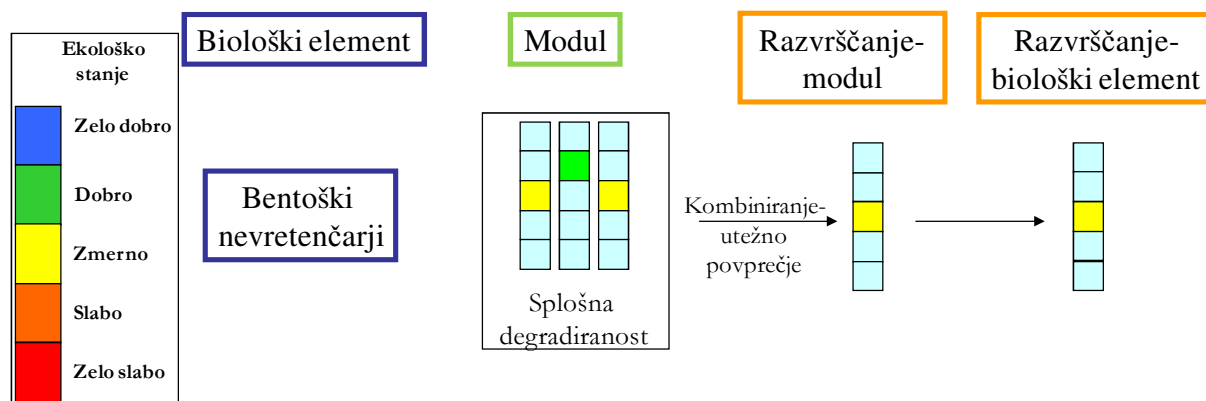
$OM_{BN_{SD_o}}$ – vrednost modula splošna degradiranost za o -to obdobje za vodno telo obalnega morja na podlagi bentoških nevretenčarjev,

$M-AMBI_{VT}$ – razmerje ekološke kakovosti za vodno telo za posamezno leto,

m – število vzorčenih let.

3.2 Vrednotenje ekološkega stanja in razvrščanje vodnih teles obalnega morja v razrede ekološkega stanja na podlagi biološkega elementa bentoški nevretenčarji

Vrednotenje ekološkega stanja in razvrščanje vodnih teles obalnega morja v razrede ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev se izvede na podlagi modula splošna degradiranost (slika 1).



Slika 1: Shematski prikaz razvrščanja vodnih teles obalnega morja v razrede ekološkega stanja na podlagi biološkega elementa bentoški nevretenčarji

4 VIRI

AMBI: AZTI MARINE BIOTIC INDEX (AZTI-Tecnalia, www.azti.es)

Borja A., Muxica, I. (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin* 50: 787-789.

Borja A., Mader J. (2006). Instruction for the use of the AMBI index software (version 4.0). Manuscript. AZTI Tecnalia, 11 str.

Borja A., Muxika I., Franco J. (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin* 46: 835-846.

Borja A., Franco J., Perez V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40: 1100-1114.

Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000. Bruselj, 72 str.

Francé J., Bajt O., Mavrič B., Mozetič P., Orlando Bonaca M. (2013). Sodelovanje pri pripravi strokovnih podlag za dopolnitev uredbe o stanju površinskih voda za obalno morje. Zaključno poročilo. Poročila 150. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 93 str.

Lipej L., Mozetič P., Orlando Bonaca M., Mavrič B., Šiško M., Bettoso N. (2007). Opredelitev ekološkega stanja morja v skladu z Vodno direktivo (Water Framework Directive, 2000/60/ EC). Dopolnjeno zaključno poročilo. Poročila 96. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 180 str.

Mozetič P., Francé J., Lipej L., Mavrič B., Orlando-Bonaca M., Šiško M., Turk V. (2009). Spremljanje ekološkega in kemijskega stanja morja in spremljanje kakovosti vode za življenje morskih školjk in morskih polžev v letu 2008 : zaključno poročilo. Poročila MBP - Morska biološka postaja, 108. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Piran, 106 str.

Wallin M., Wiederholm, T. in Johnson, K. R. (2003). Guidance on establishing reference condition and ecological status class boundaries for inland surface waters, version 7.0.