



**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**INSTITUT ZA BIOLOGIJU MORA**



Put I Bokeljske brigade 68, 85330 Kotor, Crna Gora

**MONITORING POVRŠINSKIH OBALNIH VODA**

**Kotor, 11. 12. 2020.g.**

NARUČILAC: Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju (direktor mr Luka Mitrović)

OBRAĐIVAČ: Institut za biologiju mora, Univerzitet Crne Gore (direktor dr Aleksandar Joksimović)

BROJ UGOVORA: HMZ br. 01-2293 i IBMK br. 1247/2 od 30. 07. 2020.

RUKOVODILAC PROJEKTA I KOORDINATOR IZRADE STUDIJE: dr Vesna Mačić

SARADNICI U IZRADI STUDIJE: dr Slavica Petović, dr Dragana Drakulović, Nikola Đorđević

---

PREPORUČENO CITIRANJE U LITERATURI: Mačić, V., Petović, S., Drakulović D., Đorđević, N. (2020): Monitoring površinskih obalnih voda. Finansijer projekta Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju, 56pp.

# Sadržaj

FITOPLANKTON I HLOOROFIL A .....	4
Područje istraživanja .....	5
Materijal i metode .....	6
Rezultati i diskusija- Hlorofil <i>a</i> .....	7
Rezultati i diskusija- Fitoplanktonska komponenta .....	10
Zaključak .....	28
Literatura.....	30
MAKROALGE - CARLIT .....	33
Uvod i metodologija .....	33
Rezultati i diskusija.....	34
POSIDONIA OCEANICA .....	37
Uvod i metodologija.....	37
Rezultati i diskusija.....	39
Napomena.....	42
CYMODOCEA NODOSA .....	43
Uvod i metodologija.....	43
Rezultati i diskusija.....	44
Literatura.....	45
MAKROZOOBENTOS.....	47
Materijal i metode .....	47
Rezultati .....	50
Literatura.....	55

## FITOPLANKTON I HLOROFIL A

Eutrofikacija predstavlja proces obogaćivanja ekosistema organskim supstancama, može biti prirodna i antropogena. Uzrok eutrofikacije je obogaćivanje mora hranljivim solima. U posljednje vrijeme sve se češće susrećemo sa antropogeno izazvanom eutrofikacijom, što postaje značajan problem duž morskih obala u Mediteranu i na Jadranu.

Mediteran je uglavnom okarakterisan kao oligotrofno područje, zbog veoma male koncentracije neorganskog fosfora koji ograničava primarnu produkciju (Thingstad i Rassoulzadegan, 1995, 1999; Thingstad *i sar.*, 2005). U posljednje vrijeme je i ovaj ekosistem pod snažnim antropogenim uticajem (Bianchi i Morri 2000; Béntoux *i sar.*, 2002), a kao rezultat klimatskih promjena, zagađenja, povećanog pomorskog saobraćaja, unesenih vrsta i promjena u distribuciji autohtonih vrsta (Bianchi i Morri, 2000; Vadrucci *i sar.*, 2003).

Ista situacija je sa Jadrantom, gdje je takođe sve veći antropogeni uticaj koji potiče od razvoja turizma, poljoprivrede, industrije, morskog saobraćaja i lučkih aktivnosti. Problemu eutrofikacije i zagađenja Jadranskog mora, naročito njegovog sjevernog dijela, počela se pridavati posebna pažnja 60-tih godina prošlog vijeka. Isti je zbog svoje strukture (izuzetno plitak, 80 m) i jakog uliva nutrijenata putem rijeke Po često izložen eutrofikaciji (Revelante i Gilmartin, 1992; Turley, 1999; Faranda *i sar.*, 2000). Južni Jadran je okarakterisan kao izrazito oligotrofan. Međutim i pored generalno oligotrofnog karaktera, obalni dio je pod sve većim uticajem čovjeka i sa povećanom eutrofikacijom (Drakulović *i sar.* 2017). Znaci eutrofikacije su sve češći i uz obale Crnogorskog primorja, naročito Bokokotorskog zaliva (Drakulović *i sar.* 2011,2012). Određene vrste nestaju, dok neke oportunističke vrste fitoplanktona postaju dominantne (McQuatters-Gollop *i sar.* 2009).

Poznavanje taksonomskog sastava fitoplanktona izuzetno je važno za procjenu ekoloških osobina mora - trofičkog stanja, eutrofikacije, cvjetanja mora i odnosa ishrane, kao i za poznavanje biološke raznovrsnosti mora. Međutim, pored kvalitativnog sastava fitoplanktona treba uzeti u obzir i kvantitativni aspekt koji takođe ukazuje na trofično stanje ekosistema. S obzirom da je pigment hlorofil *a* pokazatelj biomase fitoplanktona, veoma je značajan za procjenjivanje stepena trofičnosti. Krivokapić *i sar.* (2011) su proučavali trofičko stanje u Bokokotorskom zalivu i došli do zaključka da je zaliv još uvijek oligo-mezotrofan, ali ipak naglašavaju da promjene koje se dešavaju dovode do sve većih promjena i opasnosti da zaliv dobije karakteristike eutrofnog područja. Vanzalivsko područje koje je pod jačim uticajem otvorenog mora i izmjena vodenih masa je bolja, što doprinosi manjoj produkciji fitoplanktona, kao posljedica manje koncentracije hranljivih materija.

Fitoplanktonske alge su primarni organski producenti na račun kojih se, direktno ili indirektno, održava čitav živi svijet u vodi. Ovi mikroorganizmi čine početnu kariku u lancima ishrane. Međutim, njihov pretjeran razvoj može imati i negativne posljedice, može dovesti do obogaćivanja ekosistema hranljivim supstancama, odnosno eutrofikacije, što prati promjene u zajednici fitoplanktona, rast algi i povećanje biomase i dolazi do mogućeg toksičnog „cvjetanja“ algi. Ukoliko količina akumuliranih organskih supstanci prevazilazi nosivost

sistema, hipoksija može dovesti do pada ribarstva i prinosa ostriga, lošeg kvaliteta vode i poremećaja cijelog ekosistema (Cognetti, 2001). Takođe, putem balasnih voda mogu se prenositi štetni vodeni organizmi i patogeni (HAOP) (David i sar., 2013) van prirodnih granica. Na taj način, unešeni organizmi (fitoplanktonski) mogu dovesti do promjene stanja ekosistema i može imati negativan uticaj na zdravlje ljudi i na ekonomiju.

Fitoplanktonske alge su primarni organski producenti na račun kojih se, direktno ili indirektno, održava čitav živi svijet u vodi. Ovi mikroorganizmi čine početnu kariku u lancima ishrane. Jedan od temeljnih pristupa u razumijevanju ekosistema sastoji se u prepoznavanju i objašnjavanju lanca ishrane koji se u njemu oblikuju. Postoje dva lanca ishrane u pelagijalu i to su: 1. klasičan lanac ishrane koji obuhvata sledeće: mikroplankton-mezozooplankton-mala riba i 2. mikrobijalni lanac ishrane koji obuhvata nanoplankton-mikrozooplankton-želatinozni karnivorni zooplankton (Turner i sar., 1983) (Slika 2.1.1.). U klasičnom lancu ishrane dominantni primarni producenti su dijatomeje i dinoflagelate i njih konzumira krupniji zooplankton, kopepode (Kjørboe i sar., 1990). U okviru mikrobijalnog lanca ishrane cijanobakterije, koje su najčešći predstavnici pikoplanktona su glavna hrana malih herbivora, cilijata. To je shvatljivo jer su manje fitoplanktonske vrste plijen manjih herbivora s obzirom da je brzina rasta slična brzini rasta malih ćelija fitoplanktona (Bernard i Rassoulzadegan, 1993).

## Područje istraživanja

Područje istraživanja za određivanje kvaliteta mješovitih (prelaznih) voda je obuhvatilo pet mjernih mjesta: Kotorski zaliv-ušće Škurde; Risanski zaliv- ušće Risanske rijeke; Tivatski zaliv-potok kod Opatova; Hercenovski zaliv-ušće Sutorine; područje Ulcinja-ušće Bojane, desni rukavac (Tabela 1).

Za određivanje kvaliteta priobalnih voda istraživanje je obuhvatilo pet mjernih mjesta: prostor kod Mirišta, prostor zaliva Trašte-Oblatno, prostor Budvanskog zaliva-Slovenska plaža, prostor Sveti Stefan-Petrovac-Drobni pijesak i prostor Bara - Dobre vode (Tabela 1). Uzorkovanje je sprovedeno na deset pozicija na dvije dubine, tokom avgusta i oktobra mjeseca, odnosno ukupno 40 uzoraka za analizu kvalitativnog i kvantitativnog sastava fitoplanktonskih organizama i 40 uzoraka za određivanje koncentracije hlorofila *a*.

Tabela 1. Lokaliteti uzorkovanja prelaznih (mješovitih) voda i priobalnih voda duž Crnogorskog primorja

Broj lokacije	Naziv lokacije	Učestalost	Dubine
1	Kotorski zaliv ušće rijeke Škurde	Avgust i oktobar	0m i 10m
2	Risanski zaliv, kod hotela Teuta	Avgust i oktobar	0m i 7m

3	Tivatski zaliv, Opatovo	Avgust i oktobar	0m i 15m
4	Hercegnovski zaliv, kod uliva rijeke Sutorine	Avgust i oktobar	0m i 2m
5	Rijeka Bojana, desni rukavac	Avgust i oktobar	0m i 2m
6	Mirište	Avgust i oktobar	0m i 8.5m
7	Zaliv Trašte, plaža Oblatno	Avgust i oktobar	0m i 5m
8	Budvanski zaliv, Slovenska plaža	Avgust i oktobar	0m i 6m
9	Drobni pijesak (kod Sv. Stefana)	Avgust i oktobar	0m i 7m
10	Dobra voda (Bar)	Avgust i oktobar	0m i 10m

## Materijal i metode

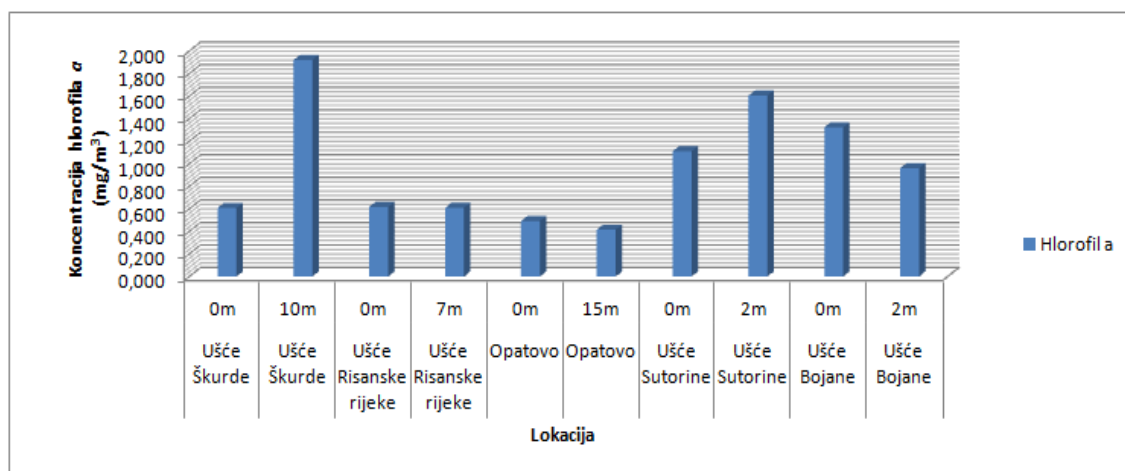
U ovom izvještaju predstavljeni su podaci istraživanja koja su rađena u avgustu i oktobru mjesecu 2020. godine u području od ušća Bojane do Bokokotorskog zaliva. Metodologija koja se koristila za biološka uzorkovanja - fitoplankton i hlorofil *a* je po standardu ISO 5667- 9: 1992. U laboratoriji uzorci za analizu hlorofila *a* su filtrirani kroz Whatman filtere (47mm), a zatim se raznim postupcima (mehaničkim razbijanjem fitoplanktonskih ćelija i pomoću adekvatnih rastvora) izdvojio pigment hlorofil *a* u rastvaraču, a potom se apsorbancija očitavala pomoću spektrofotometra. Unosom vrijednosti apsorbance u odgovarajuće formule dobila se koncentracija hlorofila *a* (Jeffrey *i sar.*, 1997).

Metodologija koja se koristila za analizu fitoplanktona je po standardu MEST EN 15204: 2014. U laboratoriji uzorci su sipani u komorice za sedimentaciju (25 ml i 50 ml) i nakon sedimentacije u trajanju od 24 h, pristupilo se obradi uzoraka. Analiza fitoplanktonskog materijala je izvršena po standardnoj metodologiji (Utermöhl 1958). Veća veličinska frakcija-mikroplankton (ćelije > 20µm) je analizirana do vrsta pomoću odgovarajućih ključeva koji se primjenjuju za ovu oblast (Cupp, 1933; Hustedt, 1930a, 1930b; H. Peragallo & M. Peragallo, 1965; Dodge, 1985; Schiller, 1933, 1937; Sournia, 1989). Kao indikatori eutrofikacije se koriste fitoplanktonske vrste mikrofitoplanktona, kako njihovo prisustvo tako i njihova gustina. Manja veličinska frakcija-nanoplankton (ćelije < 20µm) prikazana je kao ukupna količina po istraživanim pozicijama. Količina fitoplanktona (mikroplankton i nanoplankton) je izražena preko numeričkih vrijednosti na jedinicu volumena morske vode (broj ćelija/l) po istraživanim pozicijama.

## Rezultati i diskusija- Hlorofil *a*

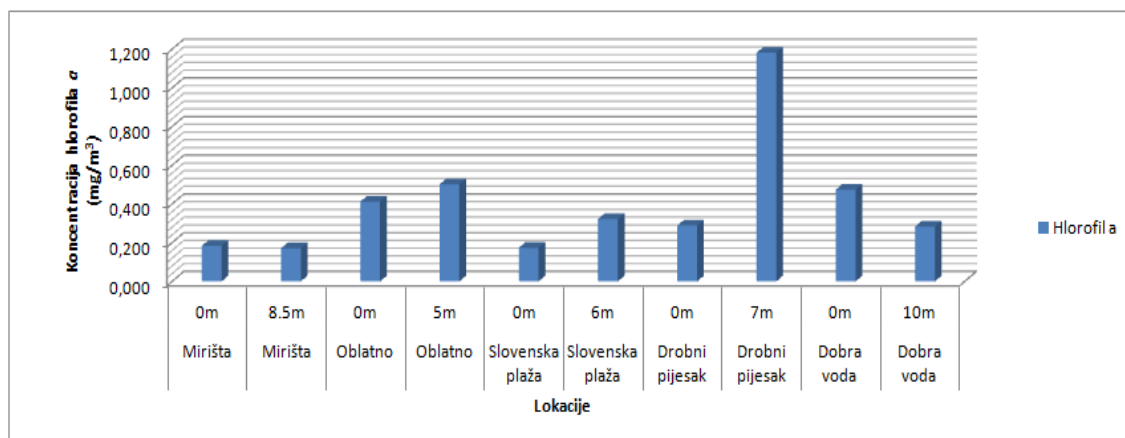
**Avgust 2020.**

Rezultati istraživanja koncentracije hlorofila *a* tokom avgusta mjeseca 2020. godine na lokalitetima prelaznih voda su pokazali najveću vrijednost na lokalitetu ušće Škurde, na kojoj je zabilježena koncentracija od 1.922 mg/m<sup>3</sup>. Najmanja koncentracija hlorofila *a* je bila na lokalitetu Opatovo na 15 m i iznosila je 0.416 mg/m<sup>3</sup>. Povećana vrijednost koncentracije hlorofila *a* je zabilježena na lokalitetu ušće Sutorine na dubini od 2m (1.606 mg/m<sup>3</sup>) (Slika 1).



Slika 1. Vrijednosti koncentracije hlorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) po dubinama na istraživanim lokalitetima prlaznih voda tokom avgusta mjeseca 2020. godine

Rezultati istraživanja koncentracije hlorofila *a* tokom avgusta mjeseca 2020. godine na lokalitetima priobalnih voda su pokazali najveću vrijednost na lokalitetu Drobnji pijesak, na kojoj je zabilježena koncentracija od 1.182 mg/m<sup>3</sup>. Najmanje koncentracije hlorofila *a* su zabilježene na lokalitetima Mirišta i Slovenska plaža i iznosile su 0.171 i 0.173 mg/m<sup>3</sup>. (Slika 2).

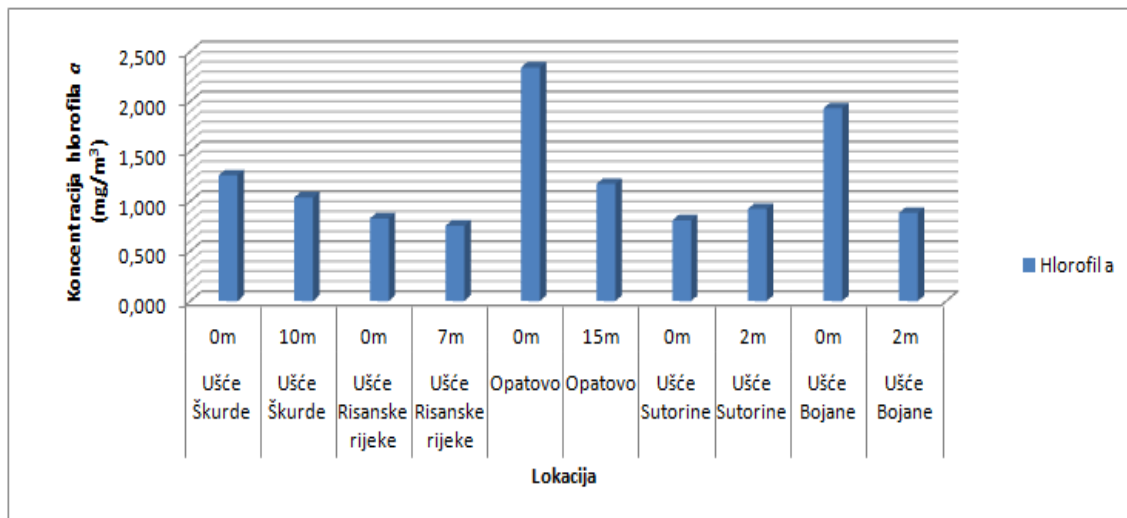


Slika 2. Vrijednosti koncentracije hlorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) po dubinama na istraživanim lokalitetima prelaznih voda tokom avgusta mjeseca 2020. godine

Ukoliko poredimo vrijednosti koncentracija hlorofila *a* za područja prelaznih i priobalnih voda, zabilježene vrijednosti su bile veće kod prelaznih voda što je i normalno s obzirom da su te vode pod većim pritiskom sa kopna. I vrijednosti fitoplanktona su bile blago veće u području prelaznih voda u odnosu na priobalne vode.

### Oktobar 2020.

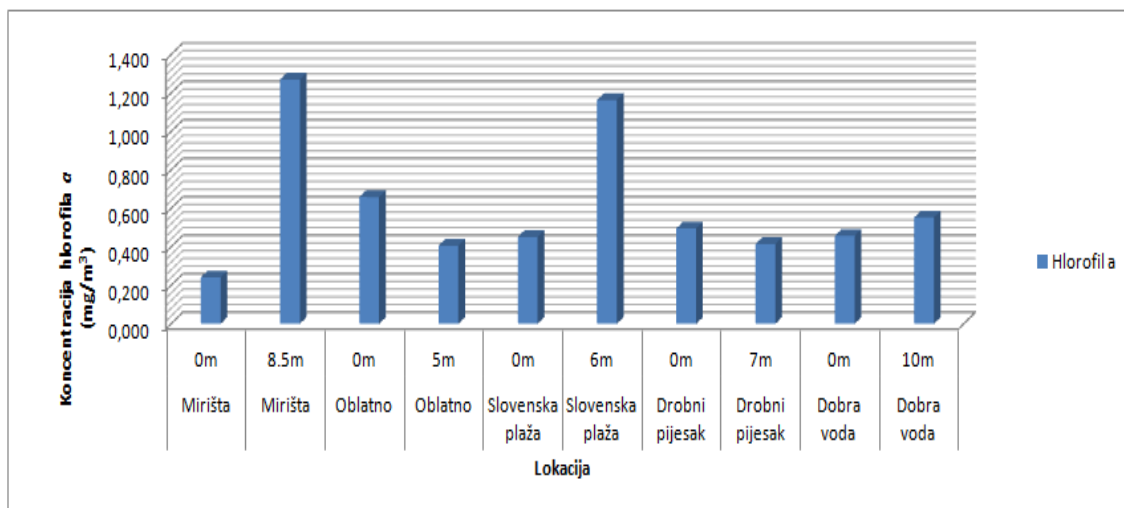
Rezultati istraživanja koncentracije hlorofila *a* tokom oktobra mjeseca 2020. godine na lokalitetima prelaznih voda su pokazali najveću vrijednost na lokalitetu Opatovo, na kojoj je zabilježena koncentracija 2.339 mg/m<sup>3</sup>. Najmanja koncentracija hlorofila *a* je bila na lokalitetu ušće Sutorine na površini i iznosila je 0.754 mg/m<sup>3</sup>. Povećana vrijednost koncentracije hlorofila *a* je zabilježena na lokalitetu ušće Bojane na površini (1.93 mg/m<sup>3</sup>) (Slika 3).



Slika 3. Vrijednosti koncentracije hlorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) po dubinama na istraživanim lokalitetima prlaznih voda tokom oktobra mjeseca 2020. godine

Rezultati istraživanja koncentracije hlorofila *a* tokom oktobra mjeseca 2020. godine na lokalitetima priobalnih voda su pokazali najveću vrijednost na lokalitetu Mirišta, na kojoj je zabilježena koncentracija od 1.271 mg/m<sup>3</sup>. Najmanja koncentracija hlorofila *a* je zabilježena isto na lokalitetu Mirišta i iznosila je 0.241 mg/m<sup>3</sup>. (Slika 4).





Slika 4. Vrijednosti koncentracije hlorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) po dubinama na istraživanim lokalitetima prelaznih voda tokom oktobra mjeseca 2020. godine

Ukoliko poredimo vrijednosti koncentracija hlorofila *a* kao i tokom avgusta mjeseca za područja prelaznih i priobalnih voda, zabilježene vrijednosti su bile veće kod prelaznih voda što je i normalno s obzirom da su te vode pod većim pritiskom sa kopna. I vrijednosti fitoplanktona su bile blago veće u području prelaznih voda u odnosu na priobalne vode.

Na osnovu Pravilnika o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda („Službeni list RCG“, broj 27/07 i Službeni list CG“, br. 32/11, 48/15, 52/16 i 84/18), u **Prilogu 7. Granične vrijednosti kategorija ekološkog statusa** u Tabeli 2. su date granične vrijednosti kategorija ekološkog statusa za priobalne vode izražene kao odnos ekološkog kvaliteta. Međutim za izračunavanje odnosa ekološkog kvaliteta za parametar hlorofil *a* potrebne su referentne vrijednosti koje se trebaju odrediti i na osnovu njih i godišnjih medijana koncentracija se određuju granične vrijednosti.

S obzirom da prema Pravilniku o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda (Sl list RCG“, broj 27/07 i Sl list CG“, br 32/11, 48/15, 52/16 i 84/18) nije moguće odrediti klasifikaciju prelaznih i priobalnih voda za biološki parametar biomase fitoplanktona izražene koncentracijom hlorofila *a*, koristiće se klasifikacije za Istočni Mediteran. Prema klasifikaciji stanja ekosistema na osnovu koncentracije nutrijenata po Ignatiades et al., (1992) i Karydis (1999), a kasnije dopunjeno sa koncentracijom hlorofila *a* i ukupnog broja fitoplanktona prema Siokou & Pagou, 2000 i Pagou, 2000, a usklađeno sa zahtjevom WFD (Simboura et al., 2005) kvalitet vode obalnih ekosistema Istočnog Mediterana se može predstaviti kao visok ( 0.200 mg/m<sup>3</sup>), dobar ( 0.400 mg/m<sup>3</sup>), umjeren (0.600 mg/m<sup>3</sup>), nizak (- 2.100 mg/m<sup>3</sup>) i vrlo nizak ( preko 2.100 mg/m<sup>3</sup>).

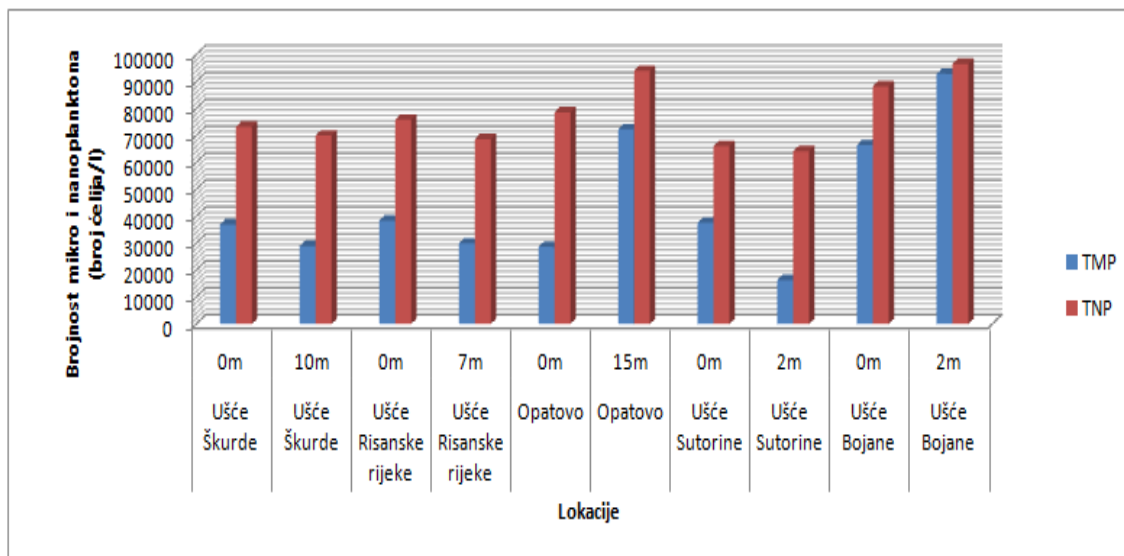
Prema kriterijumima Simboura i sar. (2005) koji se podudaraju sa 5 nivoa ekološkog statusa kako je predložen u Water Frame Directive na osnovu vrijednosti koncentracije hlorofila *a* koje su zabilježene u avgustu mjesecu 2020. prelazne vode su okarakterisane kao vode nižeg kvaliteta, dok su vode u priobalnom području okarakterisane kao vode dobrog kvaliteta.

Prema kriterijumima Simboura i sar. (2005) koji se podudaraju sa 5 nivoa ekološkog statusa kako je predloženo u Water Frame Directive na osnovu vrijednosti koncentracije hlorofila *a* koje su zabilježene u oktobru mjesecu 2020. prelazne vode su okarakterisane kao vode nižeg kvaliteta, dok su vode u priobalnom području okarakterisane kao vode umjerenog kvaliteta.

## Rezultati i diskusija- Fitoplanktonska komponenta

### Avgust 2020.

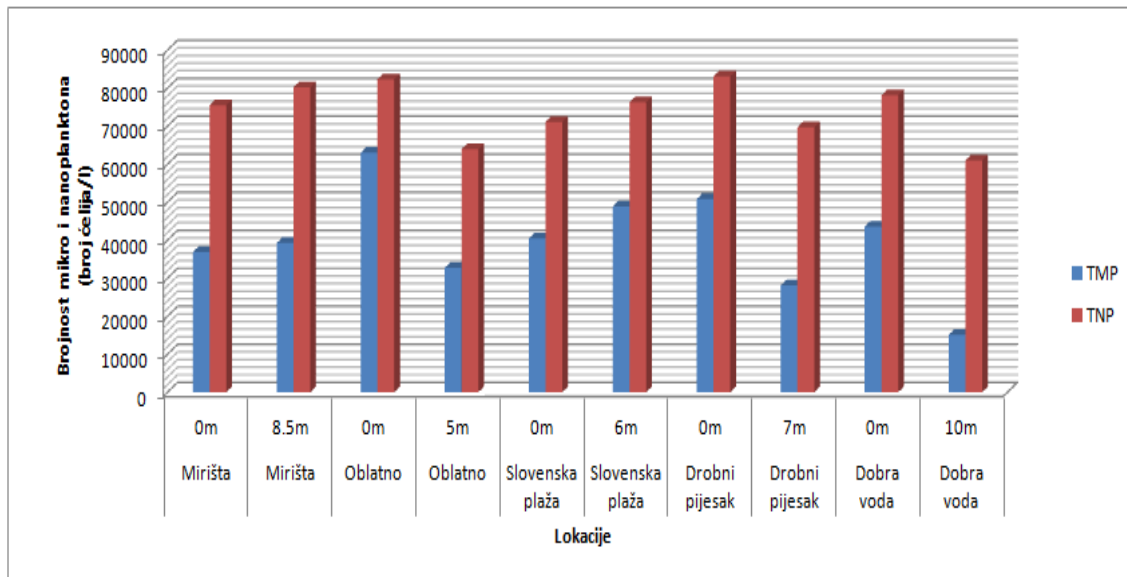
Rezultati istraživanja fitoplanktona na ispitivanim lokalitetima prelaznih voda pokazali su da se brojnost fitoplanktona kretala do  $10^4$  ćelija/l. Najveća brojnost mikroplanktona je zabilježena na lokalitetu ušće rijeke Bojane na 2 m dubine i iznosila je  $9.29 \times 10^4$  ćelija/l. Povećana brojnost je zabilježena na lokalitetu Opatovo u pridnenom sloju i kretala se do  $7.23 \times 10^4$  ćelija/l. Najmanja brojnost mikroplanktona zabilježena je na lokalitetu ušće Sutorine na 2 m dubine ( $1.64 \times 10^4$  ćelija/l) (Slika 5). Nanoplankton-manja veličinska frakcija je bio najveći na lokalitetu na kojem je i mikroplankton bio maksimalan na ušću Bojane ( $9.67 \times 10^4$  ćelija/l) (Slika 5). Najmanja brojnost nanoplanktona je bila na lokalitetu ušće Sutorine i iznosila je  $6.42 \times 10^4$  ćelija/l. Brojnost fitoplanktona koja je zabilježena u novembru mjesecu u luci Bar je karakteristična za mezotrofno područje prema Kitsiou i Karydis 2001, 2002.



Slika 5. Brojnost mikro i nanoplanktona (broj ćelija/l) po dubinama na istraživanim lokalitetima u prelaznim (mješovitim) vodama u avgustu mjesecu 2020. godine

Rezultati istraživanja fitoplanktona na ispitivanim lokalitetima priobalnih voda pokazali su takođe da se brojnost fitoplanktona kretala do  $10^4$  ćelija/l. Najveća brojnost mikroplanktona je zabilježena na lokalitetu Oblatno u površinskom sloju i iznosila je  $6.3 \times 10^4$  ćelija/l. Najmanja brojnost mikroplanktona zabilježena je na lokalitetu Dobra voda na 10 m dubine ( $1.51 \times 10^4$  ćelija/l) (Slika 6). Nanoplankton-manja veličinska frakcija je bio najveći na lokalitetu Drobni pijesak ( $8.3 \times 10^4$  ćelija/l), dok je povećan bio na lokalitetu Oblatno (Slika 6). Najmanja brojnost nanoplanktona je bila na lokalitetu Dobra voda i iznosila je  $6.1 \times 10^4$  ćelija/l. Brojnost

fitoplanktona koja je zabilježena u novembru mjesecu u luci Bar je karakteristična za mezotrofno područje prema Kitsiou i Karydis 2001, 2002.



Slika 6. Brojnost mikro i nanoplanktona (broj ćelija/l) po dubinama na istraživanim lokalitetima u priobalnim vodama u avgustu mjesecu 2020. godine

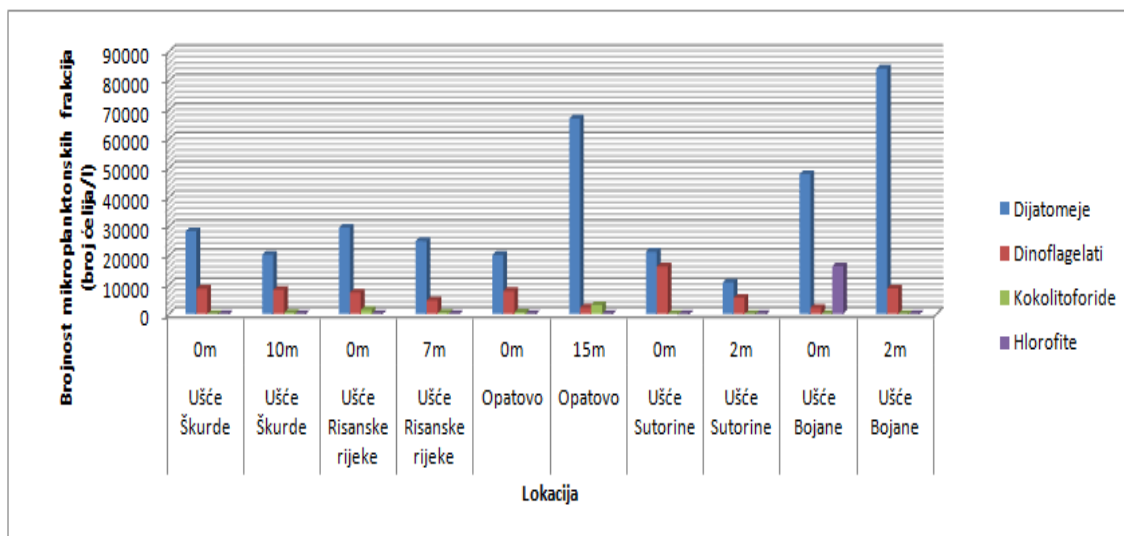
Na osnovu Pravilnika o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda („Službeni list RCG“, broj 27/07 i Službeni list CG“, br. 32/11, 48/15, 52/16 i 84/18), u **Prilogu 6. Kategorizacija statusa voda** u tabelama 1C i 1D date su kategorije ekoloških statusa za mješovite i priobalne vode za biološke elemente. Na osnovu toga, uzimajući kao biološki element fitoplankton i njegovu biomasu, ekološki status istraživanog područja tokom avgusta mjeseca se može okarakterisati kao vrlo dobro stanje, odnosno vrlo dobar ekološki status (Tabela 2).

Tabela 2. Kategorizacija statusa voda

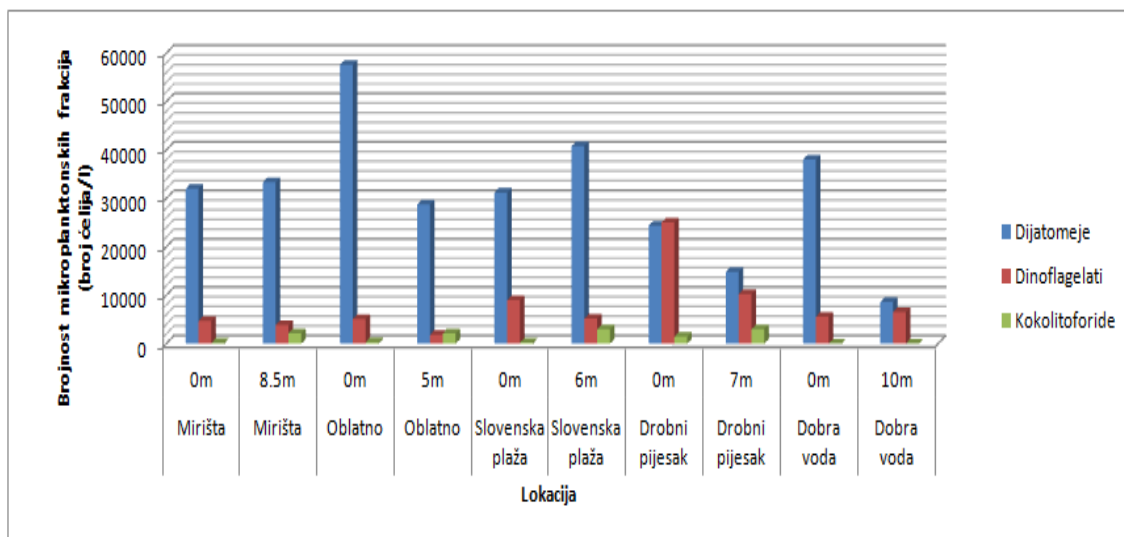
Element	Vrlo dobro stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
FITOPLANKTON	Sastav i zastupljenost fitoplanktona u skladu je s nenarušenim stanjem. Prosječna biomasa fitoplanktona u skladu je s tipičnim fizičko-hemijskim uslovima i ne utiče na prozirnost. Cvjetanje planktona javlja se s učestalošću i intenzitetom primjerenim fizičko-hemijskim uslovima specifičnim za određeni tip priobalnih voda.	Sastav i zastupljenost fitoplanktona pokazuje lagane znakove poremećaja. Ima malih promjena biomase u odnosu na stanje specifično za određeni tip priobalnih voda. Te promjene ne ukazuju na pojačani rast algi koji bi doveo do poremećaja ravnoteže organizma u vodi ili kvaliteta vode. Moguće je lagano povećanje učestalosti i intenziteta cvjetanja planktona.	Sastav i zastupljenost fitoplanktona pokazuje znakove umjerenog poremećaja. Biomasa algi znatno je izvan raspona uobičajenog za tipične uslove i može uticati na biološke elemente kvaliteta. Moguće je umjereno povećanje učestalosti i intenziteta cvjetanja planktona. Moguće je dugotrajno cvjetanje u ljetnim mjesecima.

Od fitoplanktonskih grupa, dijatomeje su bile brojčano dominantne na lokalitetima mješovitih voda. Maksimalna abundanca dijatomeja je zabilježena na lokalitetu ušće Bojane ( $8.42 \times 10^4$  ćelija/l), dok je minimalna vrijednost zabilježena na lokalitetu ušće Sutorine od  $1.08 \times 10^4$  ćelija/l. (Slika 7). Brojnost dinoflagelata se kretala do  $10^4$  ćelija/l. Maksimalna abundanca dinoflagelata je zabilježena na lokalitetu ušće Sutorine ( $1.63 \times 10^4$  ćelija/l), dok je minimalna brojnost zabilježena na lokalitetu ušće Bojane u površinskom sloju i iznosila je  $2.14 \times 10^3$  ćelija/l (Slika 7). Kokolitoforide su se kretale do  $10^4$  ćelija/l sa maksimalnom brojnošću na lokalitetu ušće Bojane od  $1.63 \times 10^4$  ćelija/l (Slika 7). Silikoflagelate nisu zabilježene na istraživanim lokalitetima. Stalno prisustvo dijatomeja se objašnjava njihovom sposobnošću da se prilagode na različite, često veoma turbulentne uslove spoljašnje sredine (Burić i sar., 2007).

Od fitoplanktonskih grupa, dijatomeje su bile brojčano dominantne na skoro svim lokalitetima priobalnih voda, izuzev lokaliteta Drobni pijesak gdje su dominirale dinoflagelate. Dijatomeje su bile maksimalne na lokalitetu Oblatno ( $5.86 \times 10^4$  ćelija/l), dok je minimalna vrijednost zabilježena na lokalitetu Dobra voda na 10m dubine od  $8.58 \times 10^3$  ćelija/l. (Slika 8). Brojnost dinoflagelata se kretala do  $10^4$  ćelija/l. Maksimalna abundanca dinoflagelata je zabilježena na lokalitetu Drobni pijesak ( $2.5 \times 10^4$  ćelija/l), dok je minimalna brojnost zabilježena na lokalitetu Oblatno na 5m dubine i iznosila je  $1.83 \times 10^3$  ćelija/l (Slika 8). Kokolitoforide su se kretale do  $10^3$  ćelija/l sa maksimalnom brojnošću na lokalitetu Drobni pijesak od  $3.02 \times 10^3$  ćelija/l (Slika 8). Silikoflagelate nisu zabilježene na istraživanim lokalitetima. Stalno prisustvo dijatomeja se objašnjava njihovom sposobnošću da se prilagode na različite, često veoma turbulentne uslove spoljašnje sredine (Burić i sar., 2007).



Slika 7. Brojnost mikrop planktonskih frakcija (dijatomeja, dinoflagelata, kokolitoforida) po dubinama na istraživanim lokalitetima u prelaznim (mješovitim) vodama u avgustu mjesecu



Slika 8. Brojnost mikrop planktonskih frakcija (dijatomeja, dinoflagelata, kokolitoforida) po dubinama na istraživanim lokalitetima u priobalnim vodama u avgustu mjesecu

Tokom istraživanja lokaliteta prelaznih voda ukupno je zabilježeno 59 taksona. Od toga 29 taksona pripadaju dijatomejama, 25 takson dinoflagelatama, 3 taksona kokolitoforidama i 2 taksona hlorofitama (Tabela 3). Što se tiče diverziteta fitoplanktonskih grupa, dijatomeje i dinoflagelati su bile najbronije. Od potencijalno toksičnih vrsta iz grupe dijatomeja zabilježene su na svim lokalitetima vrste iz roda *Pseudo-nitzschia* čija je brojnost dostizla do  $10^4$  ćelija/l. Od potencijalno toksičnih i toksičnih dinoflagelata zabilježene su vrste *Dinophysis acuminata*,

*Gonyaulax spinifera*, *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum cordatum* i *P. micans* i njihova brojnost nije bila povećana.

Tabela 3. Popis vrsta fitoplanktona na istraživanim lokalitetima prelaznih (mješovitih) voda u avgustu mjesecu 2020. godine (+ = brojnost do 10<sup>2</sup> ćelija/l; - = nije zabilježena; 3 = brojnost 10<sup>3</sup> ćelija/l; 4= brojnost 10<sup>4</sup> ćelija/l)

Taksoni	Lokaliteti				
	Ušće Škurde	Ušće Risanske rijeke	Opatovo	Ušće Sutorine	Ušće Bojane
<b>Dijatomeje</b>					
<i>Achnanthes brevipes</i>	+	-	-	-	-
<i>Amphora ostrearia</i>	-	-	-	+	+
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	-	-	<b>3</b>
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-	-	-	-	<b>3</b>
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	+	-	-	-
<i>Chaetoceros diversus</i>	<b>3</b>	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Cocconeis scutellum</i>	+	-	+	-	<b>3</b>
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	-	<b>3</b>	-
<i>Diploneis crabro</i>	-	-	+	-	+
<i>Fragillaria</i> spp.	-	-	-	-	<b>4</b>
<i>Guinardia flaccida</i>	-	+	-	-	+
<i>G. striata</i>	-	+	+	-	<b>4</b>
<i>Hemiaulus hauckii</i>	+	<b>3</b>	<b>3</b>	-	+
<i>Licmophora flabellata</i>	+	-	-	+	-
<i>Lioloma pacificum</i>	-	-	-	-	+
<i>Navicula</i> spp.	<b>3</b>	-	+	<b>3</b>	<b>3</b>

<i>Nitzschia incerta</i>	-	-	-	+	-
<i>N. longissima</i>	+	+	-	+	+
<i>Pinnularia viridis</i>	-	-	-	-	<b>3</b>
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	-	-	+	-
<i>P. elongatum</i>	+	-	+	+	-
<i>Proboscia alata</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-	-	-	-	+
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	+	-	
<i>Synedra fulgens</i>	+	-	-	-	+
<i>Thalassionema frauenfeldi</i>	-	-	+	-	<b>3</b>
<i>Th. nitzschoides</i>	+	<b>3</b>	<b>3</b>	+	<b>3</b>
<b>Dinoflagellate</b>					
<i>Dinophysis acuminata</i> <sup>#</sup>	-	+	-	-	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	+	+	-	-	+
<i>Gonyaulax digitale</i>	-	+	+	+	-
<i>G. polygramma</i>	-	-	-	<b>3</b>	-
<i>Gonyaulax</i> spp.	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>G. spinifera</i> <sup>#</sup>	-	-	-	+	-
<i>Gymnodinium</i> spp.	<b>3</b>	-	<b>3</b>	+	-
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	<b>3</b>	+	-	+	-
<i>Lingulodinium polyedra</i> <sup>#</sup>	-	+	+	+	-
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>	-	+	-	-	-
<i>Prorocentrum compressum</i>	+	+	-	-	-
<i>P. cordatum</i> <sup>#</sup>	+	<b>3</b>	+	+	<b>3</b>

<i>P. micans</i> <sup>#</sup>	+	-	+	+	+
<i>P. scutellum</i>	-	-	-	+	-
<i>P. triestinum</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	+	-	+
<i>Protoperidinium divergens</i>	-	-	-	-	+
<i>Protoperidinium</i> spp.			+		+
<i>P. steinii</i>			+		
<i>P. tuba</i>	+	-	-	+	+
<i>Scrippsiella</i> spp.	+	+	+	<b>3</b>	-
<i>Tripos furca</i>	-	-	+	-	-
<i>T. fusus</i>	-	-	+	-	-
<i>T. massiliense</i>	+	-	-	-	-
<i>T. muelleri</i>	-	+	-	-	-
<i>T. teres</i>	-	-	-	-	+
<b>Kokolitoforide</b>					
<i>Calyptosphaera oblonga</i>	+	<b>3</b>	<b>3</b>	-	-
<i>Rhabdosphaera tignifer</i>	-	+	<b>3</b>	-	-
<i>Syracosphaera pulchra</i>	-	+	+	-	-
<b>Hlorofite</b>					
<i>Pediastrum duplex</i>	-	-	-	-	3
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	-	-	-	-	+

Tokom istraživanja lokaliteta priobalnih voda ukupno je zabilježeno 52 taksona. Od toga 24 taksona pripadaju dijatomejama, 25 taksona dinoflagelatama, 3 taksona kokolitoforidama (Tabela 4). Što se tiče diverziteta fitoplanktonskih grupa, dijatomeje i dinoflagelati su bile najbronije. Na lokalitetima prelaznih voda zabilježena je veći broj fitoplanktonskih vrsta što se može očekivati zbog većeg priliva hranljivih materija sa kopna putem rijeka a time većeg razvoja fitoplanktonskih organizama.



Od potencijalno toksičnih vrsta iz grupe dijatomeja zabilježene su na svim lokalitetima vrste iz roda *Pseudo-nitzschia* čija je brojnost dostizla do  $10^4$  ćelija/l. Od potencijalno toksičnih i toksičnih dinoflagelata zabilježene su vrste *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, , *Lingulodinium polyedra*, *Prorocentrum cordatum* i *P. micans* i njihova brojnost nije bila povećana.

Tabela 4. Popis vrsta fitoplanktona na istraživanim lokalitetima priobalnih voda u avgustu mjesecu 2020. godine (+ = brojnost do  $10^2$  ćelija/l; - = nije zabilježena; 3 = brojnost  $10^3$  ćelija/l; 4 = brojnost  $10^4$  ćelija/l)

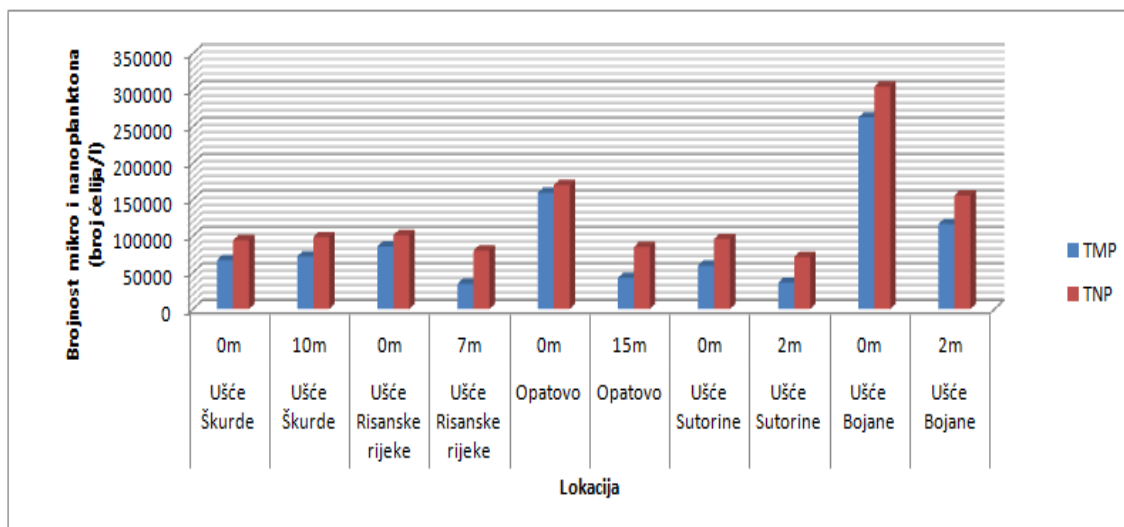
<b>Taksoni</b>	<b>Mirište</b>	<b>Oblatno</b>	<b>Slovenska plaža</b>	<b>Drobni pijesak</b>	<b>Dobra voda</b>
<b>Dijatomeje</b>					
<i>Amphora ostrearia</i>	+	-	-	-	+
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	3	3	3	3	3
<i>Chaetoceros diversus</i>	-	-	-	-	3
<i>Chaetoceros</i> spp.	3	4	4	3	3
<i>Cocconeis scutellum</i>	-	-	+	3	+
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	-	-
<i>Diploneis crabro</i>	-	-	+	-	+
<i>Guinardia flaccida</i>	3	+	3	3	+
<i>G. striata</i>	3	3	3	+	3
<i>Hemiaulus hauckii</i>	+	+	+	+	-
<i>Licmophora flabellata</i>	3	-	-	-	+
<i>L. paradoxa</i>	-	-	-	-	+
<i>Lioloma pacificum</i>	+	+	+	+	+
<i>Navicula</i> spp.	+	3	3	3	+
<i>Nitzschia longissima</i>	-	-	+	-	-
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-	-	+	+	-

<i>P. formosum</i>	-	+	+	-	+
<i>Proboscia alata</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-	<b>3</b>
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-	<b>3</b>	+	+	+
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	+	-	-	-
<i>Synedra fulgens</i>	-	+	-	-	-
<i>Thalassionema frauenfeldi</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	+
<i>Th. nitzschioides</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	+	<b>3</b>	+
<b>Dinoflagellate</b>					
<i>Cladopyxis caryophyllum</i>	-	-	+	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i> <sup>#</sup>	-	-	+	+	+
<i>Dinophysis acuta</i> <sup>#</sup>	+	-	-	-	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	-	+	+	+	+
<i>Gonyaulax polygramma</i>	+		+	+	
<i>Gonyaulax</i> spp.	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>Gymnodinium</i> spp.	<b>3</b>	<b>3</b>	+	+	+
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	-	+	-	+
<i>Lingulodinium polyedra</i> <sup>#</sup>	-	-	+	-	-
<i>Oxytoxum scolopax</i>	-	-	+	-	-
<i>O.sphaeroideum</i>	-	-	-	+	-
<i>Podolampas palmipes</i>	-	+	-	+	-
<i>Prorocentrum cordatum</i> <sup>#</sup>	+		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>P. micans</i> <sup>#</sup>	+	+	+	<b>3</b>	-
<i>P. triestinum</i>	+	+	<b>3</b>	<b>3</b>	+
<i>Protoperidinium divergens</i>	-	-	-	+	-
<i>P. crassipes</i>	-	+	-	+	-

<i>Protoperdinium</i> spp.	-	+	+	-	-
<i>P. pellucidum</i>				+	
<i>P. steinii</i>	+	-	-	-	+
<i>P. tuba</i>	-	-	+	+	+
<i>Scrippsiella</i> spp.	+	+	+	<b>3</b>	+
<i>Tripos furca</i>	+	-	+	-	+
<i>T. fusus</i>	-	+	-	+	-
<i>T. macroceros</i>	+	-	-	-	-
<b>Kokolitoforide</b>					
<i>Calyptrosphaera oblonga</i>	+	-	<b>3</b>	<b>3</b>	-
<i>Rhabdosphaera tignifer</i>	<b>3</b>	+	<b>3</b>	<b>3</b>	-
<i>Syracosphaera pulchra</i>	<b>3</b>	+	+	+	-

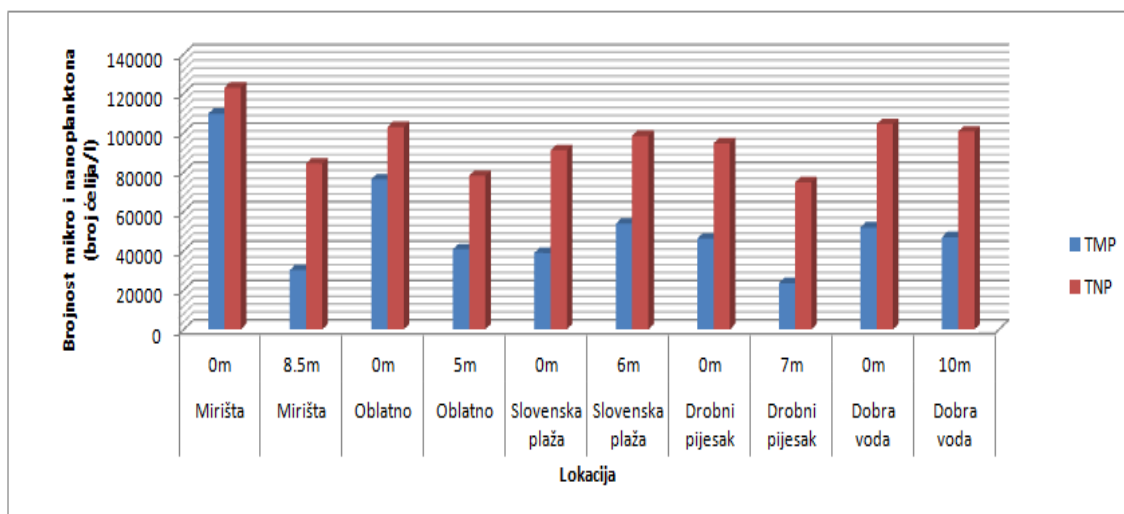
### **Oktober 2020.**

Rezultati istraživanja fitoplanktona na ispitivanim lokalitetima prelaznih voda pokazali su da se brojnost fitoplanktona kretala do  $10^5$  ćelija/l. Najveća brojnost mikroplanktona je zabilježena na lokalitetu ušće rijeke Bojane na površini i iznosila je  $2.63 \times 10^5$  ćelija/l. Povećana brojnost je zabilježena na lokalitetu Opatovo i kretala se do  $1.59 \times 10^5$  ćelija/l. Najmanja brojnost mikroplanktona zabilježena je na lokalitetu ušće Risanske rijeke na 7 m dubine ( $3.47 \times 10^4$  ćelija/l) (Slika 9). Nanoplankton-manja veličinska frakcija je bio najveći na lokalitetu na kojem je i mikroplankton bio maksimalan na ušću Bojane ( $3.05 \times 10^5$  ćelija/l) (Slika 9). Najmanja brojnost nanoplanktona je bila na lokalitetu ušće Sutorine i iznosila je  $7.15 \times 10^4$  ćelija/l. Brojnost fitoplanktona koja je zabilježena u oktobru mjesecu je uglavnom karakteristična za niže mezotrofno područje, izuzev maksimalne vrijednosti na ušću Bojane koja je karakteristična za više mezotrofno područje prema Kitsiou i Karydis 2001, 2002.



Slika 9. Brojnost mikro i nanoplanktona (broj ćelija/l) po dubinama na istraživanim lokalitetima u prelaznim (mješovitim) vodama u oktobru mjesecu 2020. Godine

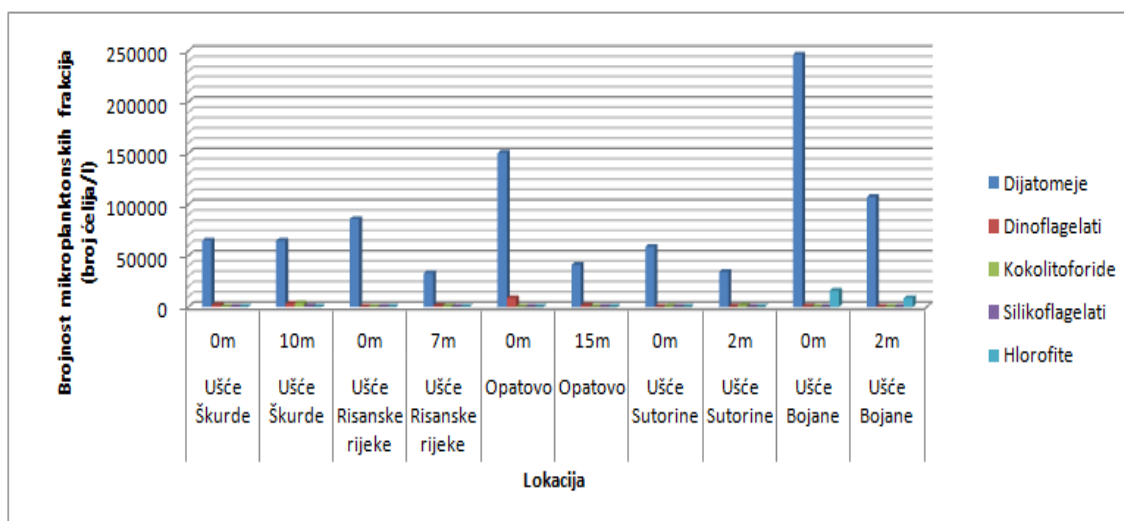
Rezultati istraživanja fitoplanktona na ispitivanim lokalitetima priobalnih voda pokazali su da se brojnost fitoplanktona kretala od  $10^4$  do  $10^5$  ćelija/l. Najveća brojnost mikroplanktona je zabilježena na lokalitetu Mirišta u površinskom sloju i iznosila je  $1.1 \times 10^5$  ćelija/l. Najmanja brojnost mikroplanktona zabilježena je na lokalitetu Drobni pijesak na 7 m dubine ( $2.36 \times 10^4$  ćelija/l) (Slika 10). Nanoplankton-manja veličinska frakcija je bio najveći na lokalitetu Mirišta ( $1.23 \times 10^5$  ćelija/l), dok je najmanja brojnost nanoplanktona je bila na lokalitetu Drobni pijesak i iznosila je  $7.48 \times 10^4$  ćelija/l. Brojnost fitoplanktona koja je zabilježena u oktobru mjesecu je karakteristična za mezotrofno područje prema Kitsiou i Karydis 2001, 2002.



Slika 10. Brojnost mikro i nanoplanktona (broj ćelija/l) po dubinama na istraživanim lokalitetima u priobalnim vodama u oktobru mjesecu 2020. godine

Na osnovu Pravilnika o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda („Službeni list RCG“, broj 27/07 i Službeni list CG“, br. 32/11, 48/15, 52/16 i 84/18), u **Prilogu 6. Kategorizacija statusa voda** u tabelama 1C i 1D date su kategorije ekoloških statusa za mješovite i priobalne vode za biološke elemente. Na osnovu toga, uzimajući kao biološki element fitoplankton i njegovu biomasu, ekološki status istraživanog područja tokom oktobra mjeseca se može okarakterisati kao dobro stanje, odnosno dobar ekološki status (Tabela 2).

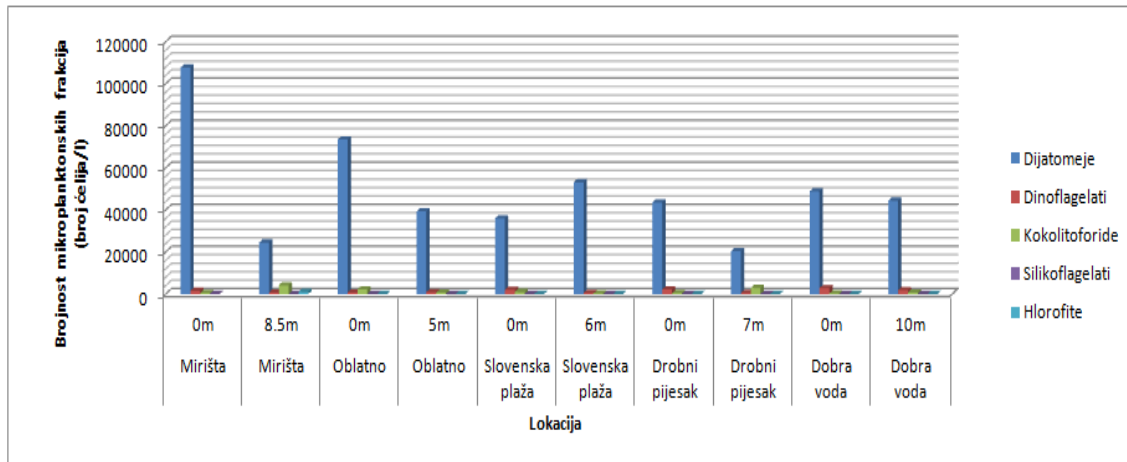
Od fitoplanktonskih grupa, dijatomeje su bile brojčano dominantne na lokalitetima mješovitih voda. Maksimalna abundanca dijatomeja je zabilježena na lokalitetu ušće Bojane ( $2.46 \times 10^5$  ćelija/l), dok je minimalna vrijednost zabilježena na lokalitetu ušće Risanske rijeke od  $3.29 \times 10^4$  ćelija/l. (Slika 11). Brojnost dinoflagelata se kretala do  $10^3$  ćelija/l. Maksimalna abundanca dinoflagelata je zabilježena na lokalitetu Opatovo ( $8.56 \times 10^3$  ćelija/l), dok je minimalna brojnost zabilježena na lokalitetu ušće Bojane na 2m dubine i iznosila je 240 ćelija/l (Slika 11). Kokolitoforide su se kretale do  $10^3$  ćelija/l sa maksimalnom brojnošću na lokalitetu ušće Škurde od  $3.73 \times 10^3$  ćelija/l (Slika 11). Silikoflagelate su zabilježene na mješovitim lokalitetima i brojnost se kretala se do  $10^2$  ćelija/l. Hlorofite su zabilježene na lokalitetu ušće Bojane. Stalno prisustvo dijatomeja se objašnjava njihovom sposobnošću da se prilagode na različite, često veoma turbulentne uslove spoljašnje sredine (Burić i sar., 2007).



Slika 11. Brojnost mikroplanktonskih frakcija (dijatomeja, dinoflagelata, kokolitoforida, silikoflagelata i hlorofita) po dubinama na istraživanim lokalitetima u prelaznim (mješovitim) vodama u oktobru mjesecu

Od fitoplanktonskih grupa, dijatomeje su bile brojčano dominantne na svim lokalitetima priobalnih voda. Dijatomeje su bile maksimalne na lokalitetu Mirište ( $1.08 \times 10^5$  ćelija/l), dok je minimalna vrijednost zabilježena na lokalitetu Drobnji pijesak na 7m dubine od  $2.03 \times 10^4$  ćelija/l (Slika 12). Brojnost dinoflagelata se kretala do  $10^3$  ćelija/l. Maksimalna abundanca dinoflagelata je zabilježena na lokalitetu Dobra voda ( $2.78 \times 10^3$  ćelija/l), dok je minimalna

brojnost zabilježena na lokalitetu Drobnji pijesak na 7m dubine i iznosila je 400 ćelija/l (Slika 12). Kokolitoforide su se kretale do  $10^3$  ćelija/l sa maksimalnom brojnošću na lokalitetu Mirišta od  $4.3 \times 10^3$  ćelija/l (Slika 12). Silikoflagelate su zabilježene samo na lokalitetu Mirište i brojnost je iznosila 80 ćelija/l. Stalno prisustvo dijatomeja se objašnjava njihovom sposobnošću da se prilagode na različite, često veoma turbulentne uslove spoljašnje sredine (Burić i sar., 2007).



Slika 12. Brojnost mikropilanktonskih frakcija (dijatomeja, dinoflagelata, kokolitoforida, silikoflagelata i hlorofita) po dubinama na istraživanim lokalitetima u priobalnim vodama u oktobru mjesecu

Tokom istraživanja lokaliteta prelaznih voda u oktobru mjesecu ukupno je zabilježen 71 takson. Od toga 34 taksona pripadaju dijatomejama, 28 taksona dinoflagelatama, 5 taksona kokolitoforidama, 2 taksona silikoflagelatama i 2 taksona hlorofitama (Tabela 5). Što se tiče diverziteta fitoplanktonskih grupa, dijatomeje i dinoflagelati su bile najbronije.

Tabela 5. Popis vrsta fitoplanktona na istraživanim lokalitetima prelaznih (mješovitih) voda u oktobru mjesecu 2020. godine (+ = brojnost do  $10^2$  ćelija/l; - = nije zabilježena; 3 = brojnost  $10^3$  ćelija/l; 4 = brojnost  $10^4$  ćelija/l)

Taksoni	Lokaliteti				
	Ušće Škurde	Ušće Risanske rijeke	Opatovo	Ušće Sutorine	Ušće Bojane
<b>Dijatomeje</b>					
<i>Achnanthes brevipes</i>	+	-	-	+	-
<i>Amphora ostrearia</i>	-	-	-	+	<b>3</b>

<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	-	-	<b>3</b>
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	<b>3</b>	-
<i>Chaetoceros diversus</i>	<b>3</b>	-	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>Chaetoceros</i> spp.	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<i>Cocconeis scutellum</i>	-	-	+	+	+
<i>Cyclotella striata</i>	-	-	<b>3</b>	-	<b>3</b>
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	-	-	+	-
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	-	<b>4</b>	<b>3</b>	-	-
<i>Diploneis bombus</i>	-	+	-	-	+
<i>Fragillaria</i> spp.	-	-	-	-	<b>4</b>
<i>Guinardia flaccida</i>	+	+	-	-	+
<i>G. striata</i>	<b>3</b>	+	+	<b>3</b>	
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	+	+	<b>3</b>	+
<i>H. sinensis</i>	+	-	<b>3</b>	<b>3</b>	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	-	-	<b>4</b>
<i>Licmophora flabellata</i>	-	-	-	<b>3</b>	-
<i>Lioloma pacificum</i>	+	-	-	-	-
<i>Lithodesmium undulatum</i>	-	-	-	-	+
<i>Navicula</i> spp.	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-
<i>Nitzschia longissima</i>	-	<b>3</b>	-	+	-
<i>Pinnularia viridis</i>	-	+	-	+	+
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	+	-	-	-
<i>P. elongatum</i>	+	3	3	3	+
<i>P. formosum</i>	+	-	-	+	-

<i>Proboscia alata</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-	<b>3</b>
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-	-	+	-	-
<i>Synedra cristallina</i>	-	-	-	-	<b>4</b>
<i>S. fulgens</i>	-	+	-	-	+
<i>Thalassionema frauenfeldi</i>	-	+	-	-	<b>3</b>
<i>Th. nitzschioides</i>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<i>Thalassiosira rotula</i>	+	<b>3</b>	<b>3</b>	-	-
<b>Dinoflagellate</b>					
<i>Dinophysis acuminata</i> <sup>#</sup>	-	-	+	-	-
<i>D. acuta</i> <sup>#</sup>	-	-	+	-	-
<i>D. tripos</i> <sup>#</sup>	-	-	+	-	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	-	-	-	-	+
<i>Gonyaulax digitale</i>	+	-	-	-	-
<i>Gonyaulax</i> spp.	+	-	<b>3</b>	-	+
<i>G. spinifera</i> <sup>#</sup>	-	-	<b>3</b>	-	-
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	-	<b>3</b>	+	+
<i>Heremsinum adriaticum</i>	-	-	-	+	-
<i>Lingulodinium polyedra</i> <sup>#</sup>	-		+	+	-
<i>Oxytoxum sceptrum</i>	-	+	-	-	-
<i>O.sphaeroideum</i>	-	-	+	-	-
<i>Phalacroma rotundatum</i>	+	-	-	-	-
<i>Podolampas palmipes</i>	-	-	+	-	-
<i>Prorocentrum cordatum</i> <sup>#</sup>	+	+	+	-	+
<i>P. micans</i> <sup>#</sup>	-	-	+	-	-
<i>Protoperidinium crassipes</i>	-	-	-	+	-



<i>Protoperidinium steinii</i>	-	-	+	-	
<i>P.tuba</i>	-	-	+	+	-
<i>Scrippsiella</i> spp.	-	-	<b>3</b>	+	-
<i>Tripos azoricus</i>	-	-	+	-	-
<i>T. candelabrum</i>	-	-	-	-	+
<i>T. furca</i>	-	-	-	-	+
<i>T. fusus</i>	-	-	+	-	+
<i>T.muelleri</i>	+	-	-	-	-
<i>T. kofoidii</i>	<b>3</b>	-	+	-	-
<i>T. horridum</i>	+	-	-	-	-
<i>T.teres</i>	-	+	-	-	-
<b>Kokolitoforide</b>					
<i>Calciosolenia brasiliensis</i>	+	-	-	-	-
<i>Calyptrosphaera oblonga</i>	-	-	+	-	+
<i>Helicosphaera wallichii</i>	<b>3</b>	+	-	+	-
<i>Rhabdosphaera tignifer</i>	-	-	-	+	-
<i>Syracosphaera pulchra</i>	-	-	-	+	+
<b>Silikoflagelati</b>					
<i>Dictyocha fibula</i>	+	-	+	-	-
<i>Octactis octonaria</i>	+	-	-	+	-
<b>Hlorofite</b>					
<i>Pediastrum duplex</i>	-	-	-	-	<b>4</b>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	-	-	-	-	+

Tokom istraživanja lokaliteta prelaznih voda ukupno je zabilježeno 50 taksona. Od toga 24 taksona pripadaju dijatomejama, 21 takson dinoflagelatama, 3 taksona kokolitoforidama, 1 takson silikoflagelatama i 1 takson hlorofitama (Tabela 6). Što se tiče diverziteta fitoplanktonskih grupa, dijatomeje i dinoflagelati su bile najbronije. Na lokalitetima prelaznih

voda zabilježen je veći biodiverzitet što se može očekivati zbog većeg priliva hranljivih materija putem rijeka a time većeg razvoja fitoplanktonskih organizama.

Tabela 3.3.1. Popis vrsta fitoplanktona na istraživanim lokalitetima priobalnih voda u oktobru mjesecu 2020. godine (+ = brojnost do 10<sup>2</sup> ćelija/l; - = nije zabilježena; 3 = brojnost 10<sup>3</sup> ćelija/l; 4 = brojnost 10<sup>4</sup> ćelija/l)

<b>Taksoni</b>	<b>Mirište</b>	<b>Oblatno</b>	<b>Slovenska plaža</b>	<b>Drobni pijesak</b>	<b>Dobra voda</b>
<b>Dijatomeje</b>					
<i>Amphora ostrearia</i>	+	-	-	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	4	4	3	4
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-	-	3	-	3
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	-	+	-	-
<i>Chaetoceros diversus</i>	-	3	3	3	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	4	4	3	3	3
<i>Cocconeis scutellum</i>	-	-	3	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	+	-	-	-
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	+	3	-	-	-
<i>Guinardia flaccida</i>	-	-	-	-	+
<i>G. striata</i>	-	+	-	+	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	3	3	+	3
<i>Licmophora paradoxa</i>	-	-	-	+	-
<i>Lioloma pacificum</i>	-	-		+	-
<i>Navicula</i> spp.	3	+	+	+	+
<i>Nitzschia longissima</i>	3	-	-	+	+
<i>Pleurosigma angulatum</i>	+	-	-	-	+
<i>P. elongatum</i>	+	-	-	-	3
<i>Proboscia alata</i>	3	3	-	3	-

<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<i>Synedra fulgens</i>	+	-	-	-	-
<i>Thalassionema frauenfeldi</i>	-	+	+	-	-
<i>Th. nitzschioides</i>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	+
<i>Thalassiosira rotula</i>	+	-	-	-	<b>3</b>
<b>Dinoflagellate</b>					
<i>Dinophysis acuminata</i> <sup>#</sup>	-	-	-	+	-
<i>Dinophysis tripos</i> <sup>#</sup>	-	+	-		-
<i>G. polygramma</i>	-	-	-	+	+
<i>Gonyaulax</i> spp.	<b>3</b>	-	<b>3</b>	-	-
<i>Gymnodinium</i> spp.	-	-	+	-	-
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	+	-	-	<b>3</b>
<i>Hermesinium adriaticum</i>	-	-	+	-	-
<i>Lingulodinium polyedra</i> <sup>#</sup>	+	-	-	-	-
<i>Oxytoxum scolopax</i>	-	-	-	+	-
<i>O.sceptrum</i>	-	+	-	-	-
<i>Phalacroma rotundatum</i> <sup>#</sup>	-	+	-	-	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> <sup>#</sup>	+	+	-	-	+
<i>Protoperidinium crassipes</i>	-	-	-	+	-
<i>Protoperidinium</i> spp.	-	-	+	+	-
<i>Protoperidinium steinii</i>	-	-	+	-	-
<i>P.tuba</i>	+	-	-	-	-
<i>Scrippsiella</i> spp.	-	-	-	<b>3</b>	+
<i>Tripes candelabrum</i>	-	+	-	-	-
<i>T. fusus</i>	+	-	+	+	-
<i>T. macroceros</i>	-	-	+	-	-

<i>T. muelleri</i>	-	-	-	+	-
<b>Kokolitoforide</b>					
<i>Calyptrorphaera oblonga</i>	<b>3</b>	-	-	-	+
<i>Helicosphaera wallichii</i>	<b>3</b>	-	-	-	-
<i>Syracosphaera pulchra</i>	+	<b>3</b>	+	<b>3</b>	+
<b>Silikoflagelati</b>					
<i>Octactis octonaria</i>	+	-	-	-	-
<b>Hlorofita</b>					
<i>Pediastrum duplex</i>	+	-	-	-	-

## Zaključak

- Tokom sprovedenih istraživanja, prema kriterijumima Simboursa i sar. (2005) zabilježene vrijednosti koncentracije hlorofila *a* kao pokazatelja biomase fitoplanktonskih organizama u prelaznim i priobalnim vodama u avgustu mjesecu u prelaznim vodama su pokazatelj vode nižeg kvaliteta, dok su vode u priobalnom području okarakterisane kao vode dobrog kvaliteta.
- Tokom sprovedenih istraživanja, prema kriterijumima Simboursa i sar. (2005) zabilježene vrijednosti koncentracije hlorofila *a* kao pokazatelja biomase fitoplanktonskih organizama u prelaznim i priobalnim vodama u oktobru mjesecu u prelaznim vodama su pokazatelj vode nižeg kvaliteta, dok su vode u priobalnom području okarakterisane kao vode umjerenog kvaliteta.
- Tokom istraživanja brojnosti fitoplanktonskih zajednica u avgustu mjesecu u prelaznim i priobalnim vodama zabilježene su vrijednosti koje su uglavnom karakteristične za mezotrofno područje (Kitsiou i Karydis 2001, 2002). Razlog niže brojnosti fitoplanktonskih organizama je taj što je područje istraživanja pod jačim uticajem otvorenog mora i izmjena vodenih masa je bolja, što doprinosi manjoj produkciji fitoplanktona, kao posljedica manje koncentracije hranljivih materija. Veće vrijednosti fitoplanktona su zabilježene su u priobalnom području koje je pod uticajem obale i gdje je prisutan veći priliv nutrijenata, dok na pozicijama koje su udaljene od obale produkcija fitoplanktona je bila manja.

Tokom istraživanja u oktobru mjesecu, brojnosti fitoplanktona su bile malo povećane u poređenju sa avgustom mjesecom što je i za očekivati jer se maksimalni razvoj fitoplanktona javlja u proljećnom i jesenjem periodu. Veće vrijednosti fitoplanktona su kao i u avgustu mjesecu zabilježene u priobalnom području koje je pod uticajem obale i gdje je prisutan veći

priliv nutrijenata, dok na pozicijama koje su udaljene od obale produkcija fitoplanktona je bila manja.

•Zabilježeno je 5 grupa fitoplanktonskih organizama i to:

Bacillariophyceae (dijatomeje)

Dinophyceae (dinoflagelate)

Prymnesiophyceae (kokolitoforidi)

Chrysophyceae (silikoflagelati)

Chlorophyceae (hlorofite)

•Najveći broj vrsta koje su bile dominantne i zabilježene sa najvećom frekvencijom pojavljivanja tokom naših istraživanja, kao što su *Chaetoceros* spp., *Guinardia flaccida*, *G. striata*, *Navicula* spp., *Proboscia alata*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Thalassionema nitzschioides* preferiraju područja obogaćena nutrijentima (Pucher-Petković and Marasović, 1980). To ukazuje na blage promjene koje se moraju kontinuirano pratiti, sve sa ciljem da bi se izbjegle moguće neželjene posljedice u slučaju pojave povećane produktivnosti navedenih organizama.

•Od potencijalno toksičnih vrsta zabilježene su od dijatomeja vrste iz roda *Pseudo-nitzschia* spp. sa brojnošću do  $10^4$  ćelija/l. Od toksičnih i potencijalno toksičnih vrsta dinoflagelata zabilježene su vrste: *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. tripos*, *Gonyaulax spinifera*, *Lingulodinium polyedra*, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum cordatum* i *P. micans*. Brojnost štetnih organizama i patogena (HAOP) još uvijek nije povećana i alarmantna, međutim ukazuje na neophodnost monitoringa da bi se spriječile moguće negativne posljedice po morski ekosistem i zdravlje čovjeka.

•Dobijeni podaci, ukazuju da još uvijek ne postoji povećan razvoj i povećana produktivnost fitoplanktonskih organizama. Međutim, pojava vrsta koje preferiraju područja bogata hranljivim materijama, zatim prisustvo štetnih i toksičnih organizama ukazuju na blage promjene koje se moraju kontinuirano pratiti, sve sa ciljem da bi se izbjegle moguće neželjene posljedice u slučaju pojave povećane produktivnosti navedenih organizama.

## Literatura

- Bianchi, C.N., Morri, C. 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar. Pollut. Bull.* 40: 367–376.
- Béthoux, J.P., Morin, P., Ruiz-Pino, D. P. 2002. Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep Sea Res. II*, 49: 2007-2016.
- Burić, Z., Cetinić, I., Viličić, D., Caput – Mihalić, K., Carić, M., Olujić, G. 2007. Spatial and temporal distribution in a highly stratified estuary (Zrmanja, Adriatic Sea). *Mar. Ecol.* 28: 169–177.
- Cognetti, G. 2001. Marine eutrophication: the need for a new indicator species. *Mar. Pollut. Bull.* 42: 163-164.
- Cupp, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 5: 1-237.
- Dodge, D.J. 1985. Atlas of Dinoflagellates. Farrand Press, London, 1-119
- David, M., Gollasch, S., Leppäkoski, E., 2013. Risk assessment for exemptions from ballast water management – the Baltic Sea case study. *Mar. Pollut. Bull.* 75, 205–217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.031>.
- Drakulović, D., Vuksanović, N., Joksimović, D. 2011. Dynamics of phytoplankton in Boka Kotorska Bay. *Stud. Mar.* 25(1): 1-20.
- Drakulović, D., Pestorić, B., Cvijan, M., Krivokapić, S., Vuksanović, N. 2012. Distribution of phytoplankton community in Kotor Bay (south-eastern Adriatic Sea). *Cent. Eur. J. Biol.* 7(3) : 470-486, doi: 10.2478/s11535-012-0023-6.
- Drakulović, D., Gvozdenović, S., Joksimović, D., Mandić, M., Pestorić, B. 2017. Toxic and Potentially Toxic Phytoplankton in The Mussel and Fish Farms in The Transitional Area of Montenegrin Coast (South-Eastern Adriatic Sea). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17:885-900. ISSN1303-2712. DOI: 10.4194/1303-2712-v17\_5\_05.
- Hustedt, F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Ostereich und der Schweiz, In: Rabenhorst's kryptogamen-Flora Deutschlands, Ostereich und der Schweiz. Hustedt, F. (eds.), Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig, 7 (1): 1-920, 7 (2): 1-845.
- Hustedt, F. 1930b. Bacillariophyta In: Die Susswasserflora Mitteleuropas. Pascher, A. (eds.), 10: 1-466, fig. 1-875, Jena.
- Ignatiades, L., Vounatsou, P. & Karydis, M., 1992. A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. *Mar. Poll. Bull.*, 24: 238-243.

- Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C., Wright, S.W. 1997. Phytoplankton pigments in Oceanography. UNESCO Publishing, 1-661.
- Karydis, M. 1999. Evaluation report on the eutrophication level in coastal greek areas. Univ. of Aegean, Mytilini, February 1999 (in greek).
- Kitsiou, D., Karydis, M. 2001. Marine eutrophication: a proposed data analysis procedure for assessing spatial trends. *Environ. Monit. Assess.* 68: 297-312.
- Kitsiou, D., Karydis, M. 2002. Multi- dimensional evaluation and ranking of coastal areas using GIS and multiple criteria choice methods. *Sci. Total Environ.* 284: 1-17.
- Krivokapić, S., Pestorić, B., Bosak, S., Kušpilić, G., Wexels Riser, C. 2011. Trophic state of Boka Kotorska Bay (South-Eastern Adriatic Sea). *Fresenius Environ. Bull.* 20 (8): 1960-1969.
- McQuatters-Gollop, A., Gilbert, A.J., Mee, L.D., Vermaat, J.E., Artioli, Y., Humborg, C., Wulff, F., 2009. How well do ecosystem indicators communicate the effects of anthropogenic eutrophication? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 82(4): 583-596.
- Pagou, K. 2000. Assessment of the trophic conditions in the Inner Thermaikos Gulf. Technical Report for the Ministry of Environment, Planning and Public Works, NCMR, Athens, December 2000, 11pp.
- Peragallo, H. & Peragallo, M. 1965. Diatomees de France et des districts maritimes voisins. A. Asher et Co. (Reimpression), Amsterdam, 539 pp.
- Pucher-Petković, T., Marasović, I. 1980. Développement des populations phytoplannctoniques caractéristiques pour un milieu eutrophisé (Baie de Kastelam Adriatique centrale). *Acta Adriat.* 21: 79-93.
- Revelante, N., Gilmartin, M. 1992. The lateral advection of particulate organic matter from the Po delta region during summer stratification, and its implications for the Northern Adriatic. *Est. Coast. Shelf Sci.* 35: 191-212.
- Schiller, J., 1933. Dinoflagellatae. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutchland, Österreich und der Schweiz. Teil I. 1-617.
- Schiller, J. 1937. Dinoflagellatae. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutchland, Österreich und der Schweiz. Teil II, 589 pp.
- Simboura, N., Panayotidis, P., Papathanassiou, E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Indic.* 5: 253-266.
- Siokou-Frangou, I. & Pagou, K. (2000). Assessment of the trophic conditions and ecological status in the Inner Saronikos Gulf. Technical Report for the Ministry of Environment, Planning and Public Works, NCMR, Athens, March 2000, 43pp. (in greek and english edition).

- Sournia, A. 1989. Atlas du phytoplancton marin. Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphydophycées, Vol. I. Editions du CNRS, Paris, France, 219 pp.
- Thingstad, F.T., Krom, M.D., Mantoura, R.F.C., Flaten, G., Groom, S., Herut, B., Kress, N., Law, C. S., Pasternak, A., Pitta, P., Psarra, S., Rassoulzadegan, F., Tanaka, T., Tselepides, A., Wassmann, P., Woodward, E. M. S., Wexels-Riser, C., Zodiatis, G., Zohar, T. 2005. Nature of phosphorus limitation in the ultraoligotrophic Eastern Mediterranean. *Science* 309: 1068-1071.
- Thingstad, F.T., Rassoulzadegan, F. 1995. Nutrient limitations, microbial food webs, and “biological C-pumps”: Suggested interactions in a P-limited Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 117: 299-306.
- Thingstad, F.T., Rassoulzadegan, F. 1999. Conceptual models for the biogeochemical role of the photic zone microbial food web, with particular reference to the Mediterranean Sea. *Prog. Oceanogr.* 44: 271-286.
- Turley, C.M. 1999. The changing Mediterranean Sea-a sensitive ecosystem? *Prog. Oceanogr.* 44: 387- 400.
- Vadrucci, R.V., Vignes, F., Fiocca, A., Basset, A., Santarpia, I., Carrada, G. C., Cabrini, M., Fonda Umani, S. 2003. Space-time patterns of co-variation of biodiversity and primary production guilds of coastal marine environments. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 13: 489–506.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik, *Mitt Int Ver Theor Angew Limnol*



# MAKROALGE - CARLIT

## Uvod i metodologija

Za određivanje kvaliteta morske životne sredine i praćenje makroalgi korištena je metoda CARLIT (Cartography of littoral) (Ballesteros et al., 2007; Nikolić et al., 2013). Ova metoda se sastoji u tome da se mapiraju zajednice na stjenovitoj podlozi i da se u zavisnosti od tipa podloge, referentnih vrijednosti i nađenog stanja izračuna indeks ekološkog stanja. S obzirom da je Nikolić et al. (2013) prikazao korekcije za Jadransko more u našim analizama smo se pridržavali te klasifikacije iako smatramo da bi i to još dodatno trebalo razraditi i prilagoditi konkretno našim uslovima. Ovo napominjemo jer je za razliku od prethodnog istraživanja u ovom navratu uvedena kalkulacija indeksa računajući indeks za vještačku podlogu prema Ballesteros et al., 2007, a za ostale tipove podloge prema Nikolić et al., 2013.

Koristeći informacije o dužini obale koju naseljava određeni tip zajednice izračunat je indeks ekološkog stanja (EQ) uz pomoć formule:

$$EQ = \frac{\sum (l_i \times SL_i)}{\sum l_i}$$

Gdje je  $l_i$  dužina obalne linije sa određenom zajednicom, a  $SL_i$  je nivo osjetljivosti za kategoriju zajednice  $i$ . Klasifikacija  $i$  i nivo osjetljivosti zajednica je uzeta iz rada Nikolić et al., 2013 (Tabela 1-3).

Tabela 1. Tipovi zajednica i nivo osjetljivosti za Jadransko more prema Nikolić et al. 2013.

Community type	Community description	Sensitivity level (SL)
Cystoseira spicata 3	Continuous belt of <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	20
Cystoseira crinitophylla	Populations of <i>Cystoseira crinitophylla</i>	20
Cystoseira crinita	Populations of <i>Cystoseira crinita</i>	20
Cystoseira corniculata	Populations of <i>Cystoseira corniculata</i>	20
Cystoseira foeniculacea	Populations of <i>Cystoseira foeniculacea</i>	20
Trottoir	Organogenic build-ups of <i>Lithophyllum byssoides</i> and other coralline algae	20
Cystoseira barbata	Populations of <i>Cystoseira barbata</i> without other <i>Cystoseira</i> species	16
Cystoseira spicata 2	Abundant patches of <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	15
Cystoseira compressa	Populations of <i>Cystoseira compressa</i> without other <i>Cystoseira</i> species	12
Cystoseira spicata 1	Rare scattered plants of <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>spicata</i>	10
Photophilic algae	Community dominated by <i>Padina</i> / <i>Dictyota</i> / <i>Dictyopteris</i> / <i>Taonia</i> / <i>Halopteris</i>	10
Corallina	Community dominated by <i>Corallina elongata</i> and/or <i>Haliptilon virgatum</i>	8
Mytilus	Community dominated by <i>Mytilus galloprovincialis</i>	6
Green algae	Community dominated by <i>Ulva</i> / <i>Enteromorpha</i> / <i>Cladophora</i>	3
Cyanobacteria	Cyanobacterial belt	1

Iz istog izvora smo primijenili i vrijednosti za referentne oblasti.

Tabela 2. Vrijednosti ekološkog kvaliteta referentnih oblasti za različite geomorfološke situacije iz:

Ballesteros et al., 2007.

Geomorphological relevant situation ( <i>i</i> )	Coastal morphology	N/A	EQ <sub><i>i</i></sub>
1	Decimetric blocks	Artificial	12.1
2	Low coast	Artificial	11.9
3	High coast	Artificial	8.0
4	Decimetric blocks	Natural	12.2
5	Low coast	Natural	16.6
6	High coast	Natural	15.3

Nikolić et al., 2013.

GRS	Coast morphology	Coastline slope	EQ <sub>ref</sub>
1	High coast	Horizontal	20.00
2	High coast	Sub-vertical	17.55
3	High coast	Vertical	12.96
4	High coast	Overhanging	10.00
5	Low coast	Horizontal	19.02
6	Low coast	Sub-vertical	17.72
7	Low coast	Vertical	14.62
8	Low coast	Overhanging	9.66
9	Blocks		12.76

Prema izračunatom ekološkom stanju da bi se udovoljilo potrebama Direktive o vodama ekološki status se klasifikuje u 5 kategorija i to:

Ekološko stanje	Ekološki status
0.75 - 1	Veoma dobar
0.60 – 0.75	Dobar
0.40 – 0.60	Srednji
0.25 - 0.40	Slab
0 – 0.25	Veoma slab

## Rezultati i diskusija

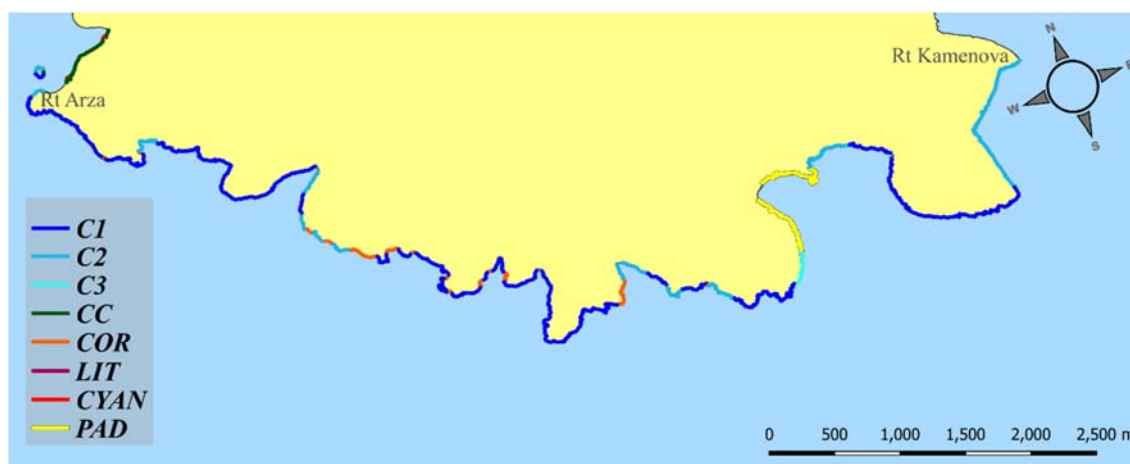
Rezultati mapiranja zajednica infralitorala su prikazani na Slikama 1 i 2 dok je ukupni rezultat za pojedine oblasti prikazan u Tabeli 3.

Stanje na području Luštice je veoma dobro sa indeksom ekološkog stanja 0,83 dok je za područje od rta Voluica do rta Marijan stanje dobro, sa indeksom 0,67 (Tabela 3).

Karakteristika poluostrva Luštica je da se radi o uglavnom neizgrađenoj obali i takođe ovdje nema ispusta otpadnih voda tako da je i kvalitet morske vode i staništa veoma dobar. To rezultira brojnim zajednicama alge *Cystoseira amentacea*, koje uglavnom nije bilo samo na onim djelovima obale koji su zbog konfiguracije terena djelimično zaklonjeni od sunčeve svjetlosti. Izuzetak su jedino istočni dio obale od rta Kočište i zapadni dio uvale Dobra luka, gdje su ove zajednice bile manje zastupljene.

oblast	Ekološko stanje
Rt Voluica- rt Marjan	0,67
Luštica	0,83

Tabela 3. Vrijednosti ekološkog stanja na osnovu CARLIT indeksa



Slika 1. Mapirane zajednice na Luštici (C1-neprekidna naseja *Cystoseira amentacea*, C2-velike nakupine *Cystoseira amentacea*, C3-pojedinačna *Cystoseira amentacea*, CC-*Cystoseira compressa*, COR-*Corallina officinalis*, LIT-*Lithophyllum bissoides*, CYAN-cianobakterije, PAD-*Padina pavonica* i druge fotofilne alge)

Na području u blizini rta Voluica (Slika 2) veliki dio obale prema jugo-istoku nije fizički izmijenjen i tu su posebno značajne zajednice alge *Cystoseira amentacea*. U južnijem dijelu istraživanog područja ima djelimično izmijenjene obale ali je kvalitet staništa i morske vode još uvijek dobar i ova alga se može naći u većim grupacijama tako da je ukupno stanje na ovom području dobro.



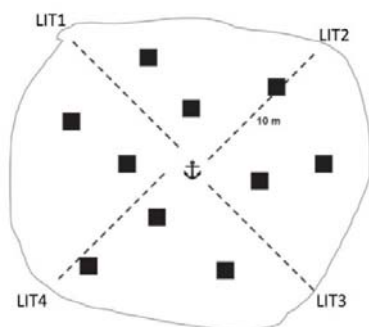
Slika 2. Mapiranje zajednica na potezu rt Volujica-rt Marjan (C1-neprekidna naseja *Cystoseira amentacea*, C2-velike nakupine *Cystoseira amentacea*, C3-pojedinačna *Cystoseira amentacea*, CC-*Cystoseira compressa*, COR-*Corallina officinalis*, LIT-*Lithophyllum bissoides*, M-*Mytilus galloprovincialis*)

Treba imati u vidu da terenski rad nije sproveden u idealnom periodu za ovu metodologiju tako da je u narednom periodu monitoringa moguće određeno variranje rezultata i monitoring se preporučuje u periodu maj-jun.

# POSIDONIA OCEANICA

## Uvod i metodologija

Kao što je bila praksa i u susjednoj Hrvatskoj za monitoring naselja morske trave *Posidonia oceanica* je primijenjena izmijenjena POMI metoda (RAC/SPA - UNEP/MAP, 2014). Za izmijenjenu metodu POMI bilo je neophodno primijeniti autonomno ronjenje jer se analiza velikim dijelom sprovodi *in situ*. U tom smislu mjerena je gustina izdanaka po m<sup>2</sup> jer je to jedan od najviše korištenih parametara da bi se procijenilo stanje livade morske trave posidonije (Pergent-Martini et al., 2005). Mjerenje gustine livade se radi u kvadratima 40 x 40 cm jer se to smatra najboljom površinom koja je prihvaćena kao standard na nivou Sredozemlja (Panayotidis et al., 1981). Na svakoj istraživanoj lokaciji i na svakoj mjerenoj dubini kvadrati su postavljani nasumično, najmanje 1 m udaljeni jedan od drugog i mjerena je gustina u 4 ili više kvadrata (Slika 3). Prema gustini livade i dubini na kojoj se nalazi određuje se kategorija livade. Po kalasifikaciji UNEP-RAC/SPA (2011) livadi može biti dodijeljena jedan od sledećih 5 kategorija: veoma dobra, dobra, srednja, slaba ili veoma slaba. Vrijednosti gustine livada posidonije prema pomenutoj klasifikaciji su prikazane u Tabeli 4.



Slika 3. Šematski raspored za mjerenje gustine i pokrovnosti livade posidonije

Osim gustine livade mjerena je i pokrovnost koja pokazuje kolika je pokrovnost žive biljke u odnosu na podlogu koja je pjeskovita, stjenovita ili se sastoji od mrtvih rizoma posidonije (matte) (Buia et al., 2004). Prema ovom parametru takođe se određuje struktura i stanje livade (Bianchi et al., 2004; Pergent-Martini et al., 2005; Montefalcone, 2009). Pokrovnost se određuje korištenjem transekta tzv. LIT (Line Intercept Transect). Transekti u dužini od 10m se polože na morsko dno i zapisuje se dužina pokrovnosti i tip podloge (Slika 3). Na jednoj istraživanoj dubini mjere se 4 transekta (LIT-a) koji su postavljeni dijagonalno, ali tako da razlika između dubina na krajnjim tačkama ne prelazi više od 3m. Procenat pokrovnosti na svakom transektu se izračunava prema sledećoj formuli:

$$R\% = \sum(L_x / 10 \times 100)$$

gdje je L<sub>x</sub> dužina svakog nađenog tipa podloge.

Tabela 4. Klasifikacija livada posidonije prema gustini naselja

depth (m)	High	Good	Moderate	Poor	Bad
1	> 1133	1133 to 930	930 to 727	727 to 524	< 524
2	> 1067	1067 to 863	863 to 659	659 to 456	< 456
3	> 1005	1005 to 808	808 to 612	612 to 415	< 415
4	> 947	947 to 757	757 to 567	567 to 377	< 377
5	> 892	892 to 709	709 to 526	526 to 343	< 343
6	> 841	841 to 665	665 to 489	489 to 312	< 312
7	> 792	792 to 623	623 to 454	454 to 284	< 284
8	> 746	746 to 584	584 to 421	421 to 259	< 259
9	> 703	703 to 547	547 to 391	391 to 235	< 235
10	> 662	662 to 513	513 to 364	364 to 214	< 214
11	> 624	624 to 481	481 to 338	338 to 195	< 195
12	> 588	588 to 451	451 to 314	314 to 177	< 177
13	> 554	554 to 423	423 to 292	292 to 161	< 161
14	> 522	522 to 397	397 to 272	272 to 147	< 147
15	> 492	492 to 372	372 to 253	253 to 134	< 134
16	> 463	463 to 349	349 to 236	236 to 122	< 122
17	> 436	436 to 328	328 to 219	219 to 111	< 111
18	> 411	411 to 308	308 to 204	204 to 101	< 101
19	> 387	387 to 289	289 to 190	190 to 92	< 92
20	> 365	365 to 271	271 to 177	177 to 83	< 83
21	> 344	344 to 255	255 to 165	165 to 76	< 76
22	> 324	324 to 239	239 to 154	154 to 69	< 69
23	> 305	305 to 224	224 to 144	144 to 63	< 63
24	> 288	288 to 211	211 to 134	134 to 57	< 57
25	> 271	271 to 198	198 to 125	125 to 52	< 52
26	> 255	255 to 186	186 to 117	117 to 47	< 47
27	> 240	240 to 175	175 to 109	109 to 43	< 43
28	> 227	227 to 164	164 to 102	102 to 39	< 39
29	> 213	213 to 154	154 to 95	95 to 36	< 36
30	> 201	201 to 145	145 to 89	89 to 32	< 32
31	> 189	189 to 136	136 to 83	83 to 30	< 30
32	> 179	179 to 128	128 to 77	77 to 27	< 27
33	> 168	168 to 120	120 to 72	72 to 24	< 24
34	> 158	158 to 113	113 to 68	68 to 22	< 22
35	> 149	149 to 106	106 to 63	< 63	
36	> 141	141 to 100	100 to 59	< 59	
37	> 133	133 to 94	94 to 55	< 55	
38	> 125	125 to 88	88 to 52	< 52	
39	> 118	118 to 83	83 to 48	< 48	
40	> 111	111 to 78	78 to 45	< 45	

Na osnovu pokrovnosti može da se izračuna i konzervacioni indeks (CI) (Moreno et al., 2001; Montefalcone et al., 2006) koji pokazuje stanje livade i odnos živih i mrtvih djelova livade. Izračunava se prema sledećoj formuli:

$$CI = P / (P + D)$$

Gdje je P % pokrovnosti žive posidonije, a D je % pokrovnosti mrtvih matta.

Prema ovom indeksu livade se klasifikuju u 5 kategorija

Veoma dobro	dobro	srednje	slabo	Veoma slabo
>0.9	0.7 - 0.9	0.5 - 0.7	0.3 - 0.5	< 0.3

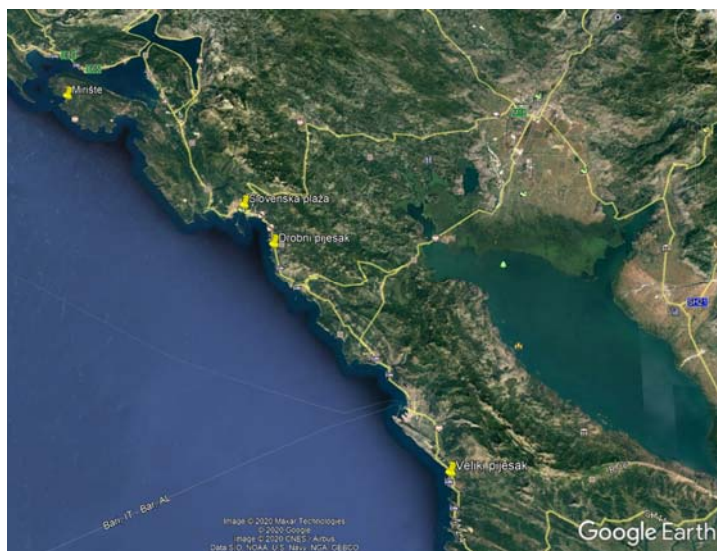
Još jedan parameter koji se često koristi u monitoringu naselja posidonije i određivanju stanja akvatorije je donji limit naselja, tj. dubina na kojoj se on nalazi kao i njegova tipologija. Prema UNEP/MAP-RAC/SPA (2011) modifikovanoj klasifikaciji na osnovu tipologije donjeg limita naselja posidonije mogu se definisati u 5 kategorija čije su karakteristike prikazane u Tabeli 5.

Tabela 5. Klasifikacija livada posidonije prema karakteristikama donjeg limita naselja (iz UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011 modifikovano)

Lower limit	High	Good	Moderate	Poor	Bad
depth (m)	> 34.2	34.2 to 30.4	30.4 to 26.6	26.6 to 22.8	< 22.8
type	progressive	sharp (cover > 25%)	sharp (cover < 25%)	sparse	regressive
% cover	> 35%	35 to 25%	25 to 15%	15 to 5%	< 5%

## Rezultati i diskusija

Podaci izmjerene srednje gustine livada posidonije na odabrane 4 lokacije (Slika 4) su prikazane u Tabeli 6. Na lokacijama Drobni pijesak i Veliki pijesak gustine su uglavnom srednje, dok su na lokacijama Slovenska plaža i Mirište ova naselja loše i vrlo loše gustine.



Slika 4. Lokacije na kojima su istraživane livada morske trave *Posidonia oceanica*

Tabela 6. Srednja vrijednost gustine naselja (br izdanaka/m<sup>2</sup>)

Lokacija	dubina	Srednja vrijednost gustine naselja (br izdanaka/m <sup>2</sup> )	
Mirište	15m	277	srednje
	9m	203	vrlo loše
	6m	238	vrlo loše

Slovenska plaža	12m	201	loše
	9m	295	loše
	5m	273	vrlo loše
Drobni pijesak	22m	234	srednje
	15m	288	srednje
	9m	317	loše
Veliki pijesak	21m	166	srednje
	15m	333	srednje
	9m	463	srednje

Pokrovnost naselja posidonije su bila najbolja na lokaciji Mirište, a najslabija na lokaciji Slovenska plaža (Grafik 1). Na svim lokacijama je konstatovano prisustvo mrtvih ritzoma što je najviše bilo izraženo na lokaciji Slovenska plaža. Sa tim u vezi je izračunat i konzervacioni indeks (CI) koji je imao slabe vrijednosti na gornjem limitu i sredini livade na lokaciji Slovenska plaža, dok je na ostalim lokacijama bio dobar i veoma dobar (Tabela 7).

Grafik 1. Pokrovnost naselja posidonije

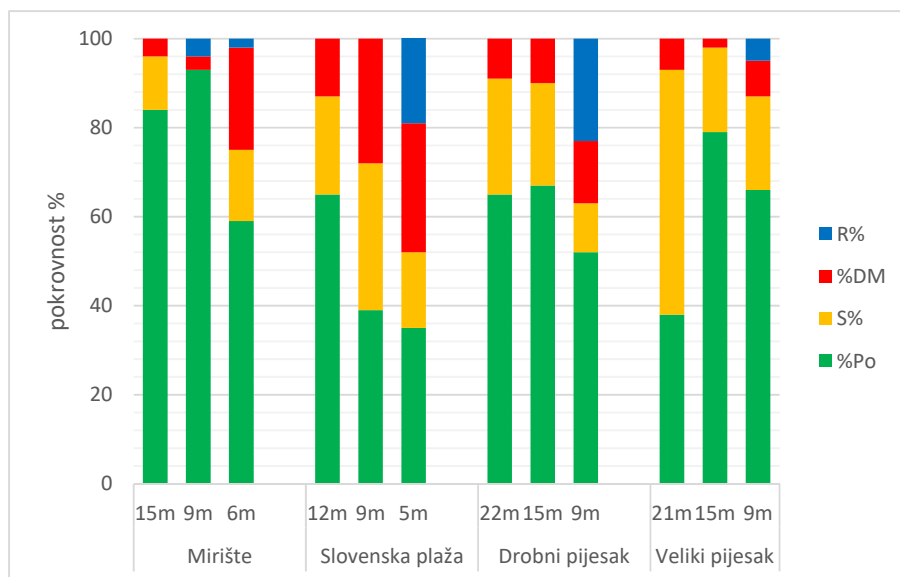








Tabela 7. Konzervacioni indeks (CI) livada posidonije

lokacija	dubina	CI	
Mirište	15m	0,95	Veoma dobro
	9m	0,96	Veoma dobro
	6m	0,72	dobro
Slovenska plaža	12m	0,83	dobro
	9m	0,58	slabo
	5m	0,55	slabo
Drobni pijesak	22m	0,89	dobro
	15m	0,88	dobro
	9m	0,79	dobro
Veliki pijesak	21m	0,85	dobro
	15m	0,97	Veoma dobro
	9m	0,89	dobro

Iako su dobijene vrijednosti konzervacionih indeksa uglavnom dobre i veoma dobre treba imati na umu da parametri karakteristika donjeg limita svih lokacija nisu dobre (Tabela 8). Poznato je da gustina livada i dubina donjeg limita u Jadranskom moru nije kao u zapadnim djelovima Sredozemnog mora tako da nije očekivano imati veoma dobre i dobre vrijednosti dubine donjeg limita, ali u našim slučajevima vrijednosti su veoma loše i loše, a limit je regresivan. Na lokaciji Slovenska plaža nije određen donji limit jer se nalazi veoma daleko od obale i nismo bili u mogućnosti da sprovedemo istraživanje na tako velikom području. Ipak sve ove karakteristike naselja posidonije ukazuju na još uvijek solidno i prilično dobro stanje ali su evidentne i negativne promjene u dubljim djelovima naselja koja su najosjetljivija i koja najčešće prva reaguju na negativne antropogene uticaje.

Tabela 8. Karakteristike donjeg limita livada posidonije

Lokacija	Dubina donjeg limita	Tipologija	Pokrovnosti %	Fotografija
Mirište	17 m (vrlo loše)	regresivno	<5%	

Slovenska plaža	nije određeno (foto na 12m)			
Drobni pijesak	25m (loše)	regresivno	<5%	
Veliki pijesak	22m	regresivno	15-5%	

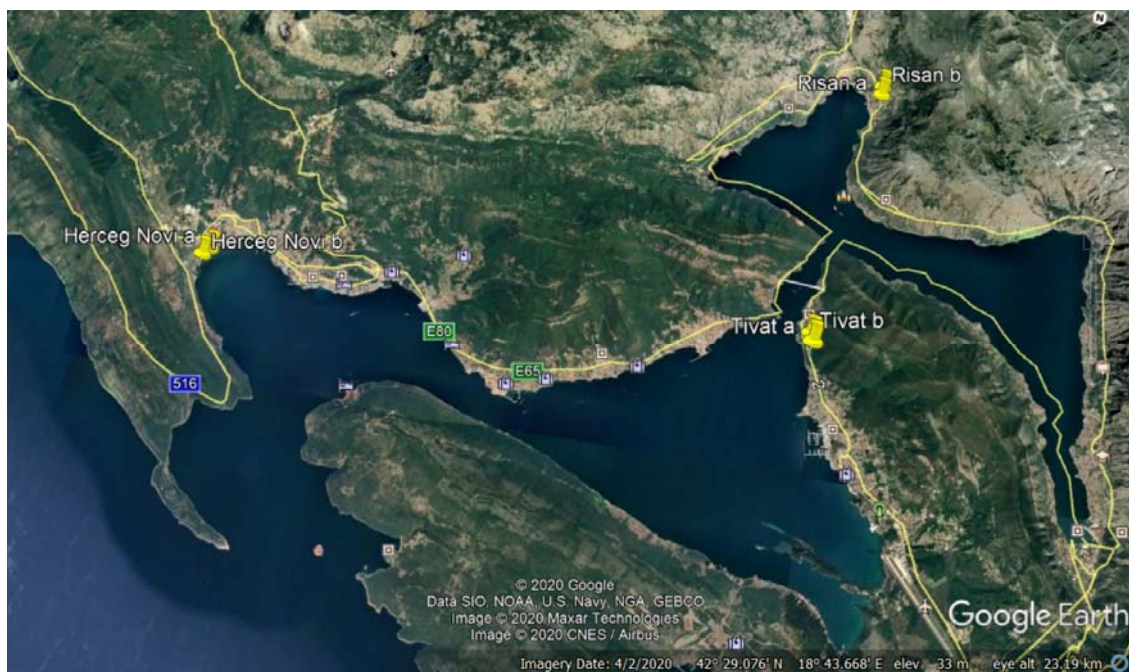
**Napomena**

U narednim periodima monitoringa treba nanovo razmotriti odabrane lokacije za monitoring. Osim toga treba imati u vidu da je za ovu metodologiju preporučeno da se istraživanje radi u tri ponavljanja, tj. na 3 transekta u jednom naselju posidonije. Ova ponavljanja se preporučuju zbog eliminisanja malih variranja u okviru jednog naselja i bolje bi bilo raditi monitoring na menjem broju lokacija ali sa ova tri ponavljanja nego na više lokacija sa samo jednim transektom.

# CYODOCEA NODOSA

## Uvod i metodologija

Jedan od metoda za izračunavanje statusa livada morske trave *Cymodocea nodosa* i određivanje statusa kvaliteta tih naselja i akvatorije u skladu sa Direktivom o vodama i Direktivom o staništima je MediSkew (Orlando Bonaca et al., 2015). Prema ovoj metodologiji na sva tri odabrana lokaliteta (Risan, Tivat i Herceg Novi) su u okviru naselja *Cymodocea nodosa* određene dvije podlokacije a na svakoj je sakupljeno po 5 uzoraka morske trave iz okvira 25 x 25cm (Slika 5). Kvadrati iz kojih su sakupljane morske trave su bili nasumično postavljani na istoj dubini a najmanje 1m razmaknuti jedan od drugog. Sakupljeni uzorci se ostavljaju u zamrzivaču do dalje laboratorijske analize. Sakupljen materijal se analizira tako što se iz ukupno sakupljenog materijala odabere 20 ili više izdanaka sa neoštećenim vrhovima listova i na neoštećenim adultnim i intermedijernim listovima se mjeri dužina drške, ukupna dužina i širina lista. Iz svakog kvadrata se analizira po 60 neoštećenih listova tako da je uzorak po sublokaciji predstavljen sa 300 listova.



Slika 5. Lokacije na kojima su ispitivane livade *Cymodocea nodosa*

Na lokacijama koje su manje izložene antropogenim pritiscima frekvencija dužina listova je uglavnom normalno raspoređena, a duži listovi su prema nekim autorima konstatovani tamo gdje ima više antropogenih uticaja (Orlando Bonaca et al., 2015). Indeks MediSkew se računa prema formuli:

$$\text{MediSkew} = \frac{(\text{Md}_{\text{area}} - \text{Md}_{\text{RC}})/20 + |G|/2}{2}$$

Gdje je  $\text{Md}_{\text{area}}$  median dužina fotosintetskog dijela listova u određenoj lokaciji,  $\text{Md}_{\text{RC}}$  je median dužina fotosintetskog dijela listova referentne oblasti, dok je  $G$  absolutna vrijednost raspodjele ln-transformisane dužine listova određene oblasti koja se računa formulom:

$$G = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$

Gdje je  $n$  broj uzoraka listova,  $x_i$  je ln-transformisana dužina fotosintetskog dijela listova,  $\bar{x}$  je prosta srednja vrijednost ln-transformisane dužine, i  $s$  je standardna devijacija uzorka.

Raspored kategorija ekološkog statusa prema MediSkew indeksu je prikazan u Tabel 9.

Tabela 9. Klasifikacija Ekološkog statusa prema MediSkew indeksu

Staus klase	MediSkew vrijednosti
Veoma dobro	0 - 0,2
Dobro	0,2 - 0,4
Srednje	0,4 - 0,6
Loše	0,6 - 0,8
Vrlo loše	0,8 - 1

## Rezultati i diskusija

Zbog najmanjeg indeksa pritisaka na lokaciji Herceg Novi ova lokacija je uzeta za referentnu mada bi u budućim istraživanjima trebalo odabrati neku lokaciju koja je pod još manjim antropogenim uticajem i koja bi realnije oslikavala referentne vrijednosti. Dobijene vrijednosti indeksa su prikazane u Tabeli 10. Sve vrijednosti ukazuju na dobro stanje osim na lokaciji Risan A koja pokazuje srednju vrijednost. Ovo može da bude u vezi sa ispuštanjem komunalnih otpadnih voda koji se nalazi u neposrednoj blizini ove lokacije. Dalje analize su neohodne za ispravniju primjenu ove metode, pogotovo u smislu utvrđivanja referentne lokacije, tj. vrijednosti na lokaciji sa najmanje antropogenog uticaja, što bi možda moglo da bude ostrvo Sv. Marko.

Tabela 10. Vrijednosti ekološkog statusa na osnovu MediSkew indeksa

lokacija		MediSkew indeks	MediSkew index
Herceg Novi	A	0,2	0,27
	B	0,34	
Tivat	A	0,38	0,34
	B	0,30	
Risan	A	0,58	0,47
	B	0,36	

## Literatura

- Bianchi C.N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Fraschetti S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G., 2004. Hard bottoms. *Biologia Marina Mediterranea* 11(suppl. 1), 185-215.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2004. Seagrass systems. *Biologia Marina Mediterranea* 11(suppl. 1), 133-183.
- Guala I., Kandic M., Radman M., Varda D., Anđus S., Belamarić J., Boskovic N., Božanić, J., Bulaja D., Burić M., Fabijanac E., Grubišić D., Jovicevic M., Mačić V., Matas V., Mihajlovic A., Mijovic A., Pavicevic M., Perčić M., Rajković Z., Terzić S., Špika M., 2017. Monitoring of *Posidonia oceanica* meadows in the cross border area between Croatia (Cavtat - Prevlaka) and Montenegro (Arza - Platamuni). Technical report. IMC – International Marine Centre, 2: 2017, 33 pp. + annexes.
- Habitat Directive 92/43/EEC Council Directive of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora.
- Montefalcone M., 2009. Ecosystem health assessment using the seagrass *Posidonia oceanica*: a review. *Ecological Indicators* 9, 595-604.
- Montefalcone, M., Lasagna, R., Bianchi, C.N., Morri, C., 2006. Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo Cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology* 22(1), 207-217.
- Moreno D., Aguilera P.A., Castro H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102, 325-332.
- Panayotidis P., Boudouresque C.F., Marcot-Coqueugniot., 1981. Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Botanica Marina* 24(3), 115-124.

- Pergent- Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J. M. Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnele E., Cinelli F., Cossu G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazzzi L., Pirrota M., Relini G., Romero J., Sanchez- Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecological Indicators* 5, 213-230.
- RAC/SPA - UNEP/MAP, 2014. Monitoring protocol for *Posidonia oceanica* beds. By Guala I, Nikolic V, Ivesa L, Di Carlo G, Rajkovic Z, Rodic P, Jelic K. Ed. RAC/SPA - MedMPAnet Project, Tunis. 37 pages + annexes.
- Romero J., Martinez-Crego B., Alcoverro T., Perez M., 2007. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin*, 55:196-204
- UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011. Draft Guidelines for the Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean. Tenth Meeting of Focal Points for SPAs Marseilles, France, 17-20 May 2011, RAC/SPA Publ., UNEP(DEPI)/MED WG 359/9. 1-63.
- Orlando Bonaca M., France J., Mavrić B., Grego M., Lipej L., Flander Putrle V., Šiško M., Falace A. 2015. A new index (mediSkew) for the assessment of the *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson meadow's status. *Marine Environmental Research* 110: 132-141.

## MAKROZOOBENTOS

Prema Pravilniku o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda makrozoobentos predstavlja jedan od četiri biološka elementa kojima se određuje kvalitet voda. Određivanjem sastava i brojnosti vrsta te određivanjem kategorija prisutnih vrsta (osjetljivih, indiferentnih, tolerantnih i oportunističkih vrsta) u zajednici stiže se uvid u veličinu antropogenog uticaja na ekosistem (Pravilnik o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda broj: 327-12/19-11).

### Materijal i metode

Uzorkovanje i analiza makrozoobentosa sprovedeno je jednokratno u periodu od jula do novembra 2020 godine. Za potrebe analize makrozoobentosa u području mješovitih voda uzorci su uzeti sa 5 lokacija koje su uglavnom smještene na ušću rijeka u more dok je za analizu voda obalnog mora materijal uzet sa 5 lokacija smještenih duž crnogorskog primorja, kako je bilo naznačeno u Ugovoru. Geografske pozicije sa prikazom dubine date su u tabeli 1 dok su lokacije prikazane na slici 1.



Slika 1. Lokaliteti na kojima su uzeti uzorci makrozoobentosa (plava tačka mješovite vode, crvena tačka obalne vode)

Tabela 1. Geografske pozicije lokacija i dubine na kojima je uzorkovano

Lokacija	Latitude	Longitude	Dubina
Ada Bojana	41,86625	19,33735	2
Dobre Vode	42,032833	19,1405	10
Drobni Pijesak	42,233467	18,901617	7
Slovenska plaža	42,28295	18,8524	6
Oblatno	42,381533	18,653553	5

<b>Mirište</b>	42,394467	18,574083	9
<b>Sutorina</b>	42,448117	18,505633	2
<b>Opatovo</b>	42,455433	18,681283	15
<b>Risanska rijeka</b>	42,514461	18,692669	7
<b>Škurda</b>	42,427328	18,766558	10

Uzorci su uzimani pomoću Van Veen-ovo grabila zahvatne površine 0,1m<sup>2</sup>. Na svakoj lokaciji su uzeta četiri uzorka koja su tretirana posebno. Na terenu se sediment ispirao i prosijavao kroz sito veličine oka 1 mm, pri čemu se radila gruba separacija makrofaune. Izdvojeni organizmi su fiksirani s 4% rastvorom formaldehida u morskoj vodi, a posebno se, na isti način, konzervirao i ostatak sedimenta koji se zadržao na sitima. Uzorci su transportovani u Institut za biologiju mora gdje je rađena njihova obrada.

Laboratorijska obrada je obuhvatila potpunu separaciju organizama iz sedimenta zadržanog na situ kao i odlivanje formaldehida i konzervisanje u 70% alkoholu. Sortiranje uzorka je obuhvatilo razvrstavanje organizama prema filumima i prema veličini kao i prepoznatljivosti. Sitniji organizmi su determinisani uz pomoć binokularne lupe. Uz korišćenje odgovarajućih ključeva rađena je determinacija do nivoa vrste a gdje to nije bilo moguće do nivoa roda.

Podaci dobijeni taksonomskom analizom kvalitativno-kvantitativnog sastava faune bentoskih beskičmenjaka obrađuju se korišćenjem računaskog programa AMBI (V 5.0) kreiranog i standardno primjenjivanog za ocjenu stanja ekološkog statusa mora na osnovu makrozoobentosa (Borja et al., 2008). Determinisane vrste se klasifikuju u pet ekoloških grupa različite osjetljivosti, prema listi u sklopu programa AMBI. Lista trenutno obuhvata 6.300 vrsta morskih beskičmenjaka. M-AMBI (multivarijatan AMBI) je multimetrijski biotički indeks kojim se izražava stepen ekološkog statusa na osnovu sastava i bogatstva faune makrozoobentosa.

Granične vrijednosti kategorija ekološkog statusa na osnovu makrozoobentosa prikazane su u Tabeli 2. Rasponi graničnih vrijednosti AMBI indeksa za 5 kategorija stanja kvaliteta odgovaraju M-AMBI kategorijama za ocjenu ekološkog statusa prelaznih i priobalnih voda. Program generiše indekse AMBI, S i H', usrednjava ih i obavlja multivarijatan faktorske (FA) i diskriminacijske analize (DA) čiji je krajnji rezultat M-AMBI indeks, odnosno vrijednost koja ukazuje na veličinu ekološkog statusa korišćenjem makrozoobentosa.

Tabela 2. Granične vrijednosti kategorija ekološkog statusa na temelju AMBI i M-AMBI indeksa



Indeks	Vrijednost	Opis	Indeks	Granične vrijednosti omjera ekološke kakvoće - raspon	Kategorija ekološkog stanja
AMBI	0,0 - 1,1	Prirodno/čisto	M-AMBI	0,83 - 1,00	Vrlo dobro
	1,2 - 3,2	Blago onečišćeno		0,62 - 0,82	Dobro
	3,3 - 4,9	Umjereno onečišćeno		0,41 - 0,61	Umjereno
	5,0 - 5,9	Teško onečišćeno		0,20 - 0,40	Loše
	> 6	Bez života		0 - 0,20	Vrlo loše

Kategorije ekološkog stanja priobalnih i mješovitih voda prema biološkim elementima dobijeni primjenom M-AMBI programa mogu se definisati kao:

Element	Vrlo dobro stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
makrozoobentos	Nivo raznolikosti i zastupljenosti vrsta makrozoobentosa je unutar uobičajenog raspona za nenarušeno stanje. Prisutne su sve osjetljive vrste, uobičajene za nenarušeno stanje.	Nivo raznolikosti i zastupljenosti vrsta makrozoobentosa je blago izvan raspona uobičajenog za stanje specifično za određeni tip priobalnih voda. Prisutna je većina osjetljivih vrsta zajednica specifičnih za određeni tip priobalnih voda.	Nivo raznolikosti i zastupljenosti vrsta makrozoobentosa umjereno su izvan raspona uobičajenog za stanje specifično za određeni tip priobalnih voda. Prisutne su vrste koje ukazuju na zagađenje. Odsutna je većina osjetljivih vrsta zajednica specifičnih za određeni tip priobalnih voda.

Uzorci za analizu makrozoobentosa su uzeti na istim pozicijama kao i za analizu fitoplanktora. Pregled vrijednosti temperature i saliniteta na mjestu uzorkovanja dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Vrijednosti temperature i saliniteta na pozicijama uzorkovanja u avgustu 2020

	Dubine	Temperatura	Salinitet
<b>Oblatno</b>	5	26.0	37.2
<b>Mirišta</b>	8.5	26.4	37.4
<b>Sutorina</b>	2	27.5	25.6
<b>Opatovo</b>	15	24.2	37.1
<b>Risan</b>	7	26.8	33.4
<b>Kotor</b>	10	23.4	37.1

<b>Ada Bojana</b>	2	26.5	20.1
<b>Dobre vode</b>	10	22.8	38.4
<b>Drobni pijesak</b>	7	27.1	38.4
<b>Slovenska plaža</b>	6	27.3	38.1

## Rezultati

Analiza svih uzoraka u prelaznim vodama je pokazala prisustvo 58 vrsta (tabela 4). Među utvrđenim vrstama dominiraju školjke i puževi iz filuma Mekušaca. Na osnovu broja vrsta ističe se lokalitet Opatovo sa 24 vrste dok je minimalan broj vrsta zabilježen na lokalitetu Ada Bojana (5 vrsta).

Tabela 4. Vrste makrozoobentosa identifikovane u uzorcima na mjestu mješovitih voda i njihova brojnost

<b>Vrsta/lokalitet</b>	<b>Ada Bojana</b>	<b>Sutorina</b>	<b>Škurda</b>	<b>Opatovo</b>	<b>Risan</b>
<i>Lentidium mediterraneum</i>	6				
<i>Abra alba</i>	5				
<i>Bittium reticulatum</i>		15	18	10	
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		5		3	5
<i>Rissoa variabilis</i>		4	5	8	
<i>Antalis dentalis</i>	4	4	3	4	2
<i>Tellina distorta</i>		4			
<i>Ruditapes decussatus</i>		4			
<i>Mangelia sp.</i>		2			1
<i>Cerastoderma glaucum</i>		2			
<i>Cerithium vulgatum</i>		2			
<i>Tritia reticulata</i>		2			
<i>Loripes orbiculatus</i>			13		
<i>Amphiura filiformis</i>			9		
<i>Pitar rudis</i>	2		6	4	6
<i>Alvania discors</i>			6		
<i>Tritia incrassata</i>			5	5	4
<i>Euspira nitida</i>			5		
<i>Turritella turbona</i>			4	4	
<i>Ringicula auriculata</i>			4	3	
<i>Semisalsa stagnorum</i>			4		

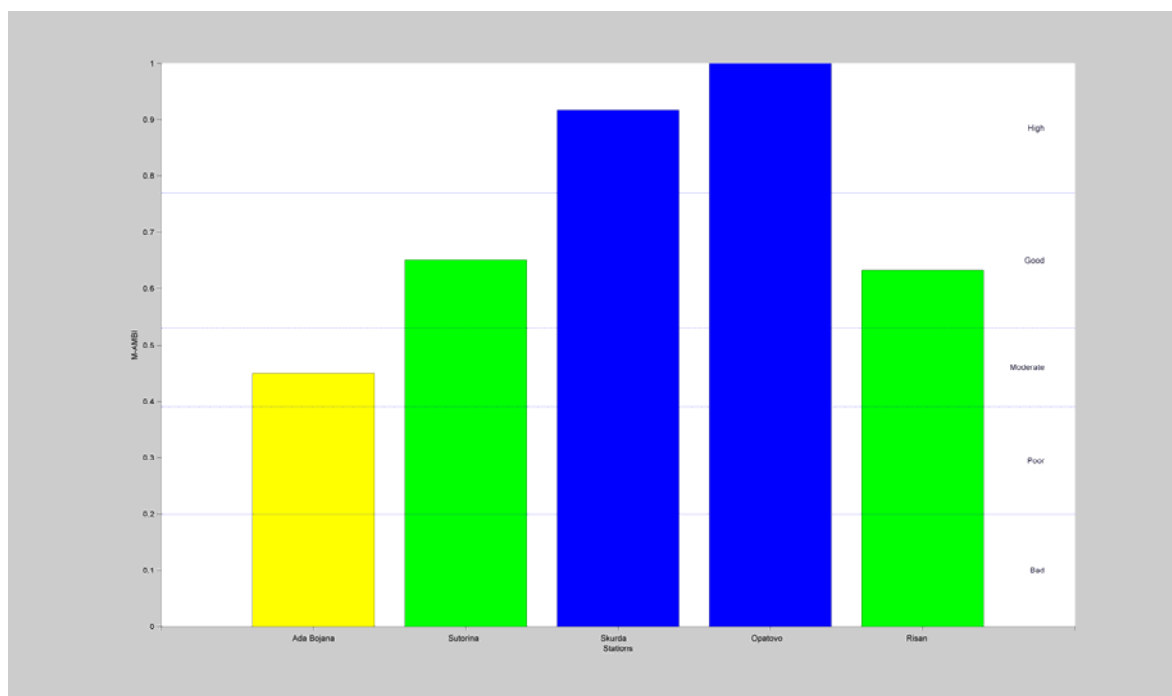
<i>Lembulus pella</i>		4	
<i>Thracia phaseolina</i>		4	
<i>Tellina pulchella</i>		3	4
<i>Antalis inaequicostata</i>		3	
<i>Cuspidaria rostrata</i>		2	
<i>Ditrupa arietina</i>		2	
<i>Eulima glabra</i>	1	2	
<i>Mathilda quadricarinata</i>		2	
<i>Mytilaster minimus</i>		2	
<i>Echinocyamus pusillus</i>			6
<i>Nassarius sp.</i>			6
<i>Arca noae</i>			4
<i>Ophiura sp.</i>			4
<i>Arca lactea</i>			3
<i>Emarginula sp.</i>			3
<i>Moerella donacina</i>			3
<i>Raphitoma corbis</i>			3
<i>Gibbula varia</i>			3
<i>Calyptrea chinensis</i>			2
<i>Diodora graeca</i>			2
<i>Flexopecten glaber</i>			2
<i>Irus irus</i>			2
<i>Jujubinus exasperatus</i>			2
<i>Monophorus perversus</i>			1
<i>Musculus subpictus</i>			1
<i>Gari fervensis</i>			4
<i>Hiatella arctica</i>			4
<i>Mimachlamys varia</i>			4
<i>Aequipecten opercularis</i>			3
<i>Mangelia costata</i>			3
<i>Bittium latreillii</i>			3
<i>Donax variegatus</i>			3
<i>Venus verrucosa</i>			3
<i>Donax trunculus</i>			2
<i>Epitonium clathrus</i>			2
<i>Myrtea spinifera</i>			2
<i>Neolepton sulcatulum</i>			2

Analiza identifikovanih vrsta uz pomoć AMBI programa pokazala je da prema Shannon Wiener-ov indeksu raznolikosti ( $H'$ ) maksimalna vrijednost je zabilježena na poziciji Opatovo (4.38) a minimalna na poziciji Ada Bojana (2.11) (tabela 5).

Tabela 5. Vrijednosti AMBI testa sa prikazom Shannon-Wiener-ovog indeksa raznovrsnosti

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
BAD	6	0	0	3.62	-2.13	-0.11	0.00	Bad
HIGH	0.34	4.38	24	-1.83	1.07	-0.01	1.00	High
Ada Bojana	1.500	2.11	5	1.50	-0.12	0.04	0.45	Moderate
Sutorina	0.341	2.95	10	0.41	0.53	0.05	0.65	Good
Škurda	0.563	4.07	21	-1.33	0.87	0.00	0.92	High
Opatovo	0.335	4.38	24	-1.83	1.07	-0.01	1.00	High
Risan	6.616	4.06	18	-0.53	-1.29	0.04	0.63	Good

Na osnovu analize M-AMBI indeksa dobijeni su sledeći rezultati koji pokazuju vrijednost ekološkog statusa:



Slika 2. Vrijednosti M-AMBI indeksa na pozicijama prelaznih (mješovitih) voda

Na osnovu dobijenog indeksa ekološkog statusa lokaliteti Škurda i Opatovo spadaju u kategoriju vrlo dobar ekološki status, Risan i Sutorina u kategoriju dobar ekološki status dok je ekološki status vode na osnovu makrozoobentosa na lokalitetu Ada Bojana u kategoriji umjeren.

Analiza svih uzoraka u obalnim vodama je pokazala prisustvo 54 vrsta (tabela 6). Među utvrđenim vrstama dominiraju školjke i puževi iz filuma mekušaca. Na osnovu broja vrsta ističe

se lokalitet Mirište sa 30 identifikovanih vrsta dok je minimalan broj vrsta zabilježen na lokalitetu Drobni pijesak (3 vrste).

Tabela 6. Vrste makrozoobentosa identifikovane u uzorcima na mjestu obalnih voda i njihova brojnost

Vrsta/lokalitet	Oblatno	Dobre Vode	Drobni Pijesak	Slovenska plaža	Mirišta
<i>Venus verrucosa</i>	19				
<i>Turritella turbona</i>	4				
<i>Naineris dendritica</i>	3				
<i>Gibbula umbilicalis</i>	2				
<i>Bittium reticulatum</i>		34			
<i>Raphitoma sp.</i>		25			
<i>Marshallora adversa</i>		15			2
<i>Jujubinus exasperatus</i>		9			
<i>Alvania discors</i>		6			
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		4		8	1
<i>Mangelia sp.</i>		4			1
<i>Nucula sulcata</i>		4			
<i>Turritella communis</i>		4			
<i>Gibberula miliaria</i>		3			
<i>Ctena decussata</i>		2			4
<i>Rissoa violacea</i>		2			2
<i>Homalopoma cunninghami</i>		2			
<i>Raphitoma linearis</i>		2			
<i>Raphitoma sp.</i>		2			
<i>Pusia ebenus</i>		1			
<i>Striarca lactea</i>		1			
<i>Ruditapes decussatus</i>			4		
<i>Antalis dentalis</i>			3		3
<i>Donacilla cornea</i>			2		2
<i>Polychaeta sp.</i>			1		
<i>Lucinoma sp.</i>				53	
<i>Bosemprella incarnata</i>				3	
<i>Aequipecten opercularis</i>				2	3
<i>Fulvia fragilis</i>	1			2	
<i>Tritia mutabilis</i>				2	
<i>Arcuatula senhousia</i>				1	
<i>Rissoa ventricosa</i>				1	
<i>Lucinella divaricata</i>					275
<i>Bittium latreillii</i>					17
<i>Pitar rudis</i>					15

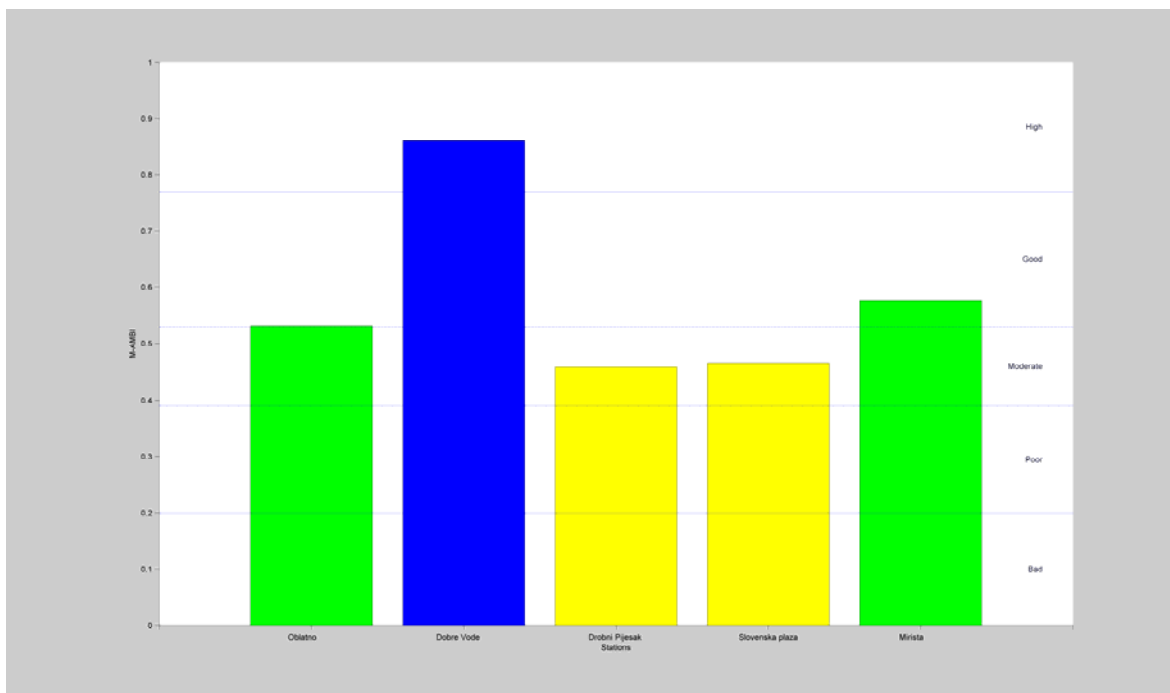
<i>Tellina pulchella</i>	2	12
<i>Tellina distorta</i>		5
<i>Alvania testae</i>		3
<i>Echinocyamus pusillus</i>		3
<i>Arca lactea</i>		2
<i>Cardites antiquatus</i>		2
<i>Euspira sp.</i>		2
<i>Metaxia metaxa</i>		2
<i>Ringicula auriculata</i>		2
<i>Smaragdia viridis</i>		2
<i>Antalis vulgaris</i>	1	1
<i>Bolma rugosa</i>		1
<i>Diodora graeca</i>		1
<i>Emarginula fissura</i>		1
<i>Jujubinus striatus</i>		1
<i>Pyrgiscus rufus</i>		1
<i>Reteporella grimaldii</i>		1
<i>Rissoa similis</i>		1
<i>Tricolia pullus</i>		1

Analiza identifikovanih vrsta uz pomoć AMBI programa pokazala je da prema Shannon Wiener-ov indeks raznolikosti (H') maksimalna vrijednost je zabilježena na poziciji Dobre vode (3.25) a minimalna na poziciji Slovenska plaža (1.32)(tabela 7).

Tabela 7. Vrijednosti AMBI testa sa prikazom Shannon-Wiener-ovog indeksa raznovrsnosti

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
BAD	6	0	0	2.26	2.05	0.87	0.00	Bad
HIGH	0	3.25	30	-2.23	-1.05	-0.63	1.00	High
Oblatno	0.000	1.81	6	0.62	-0.65	-0.02	0.53	Good
Dobre Vode	0.244	3.25	17	-1.21	-1.10	-0.58	0.86	High
Drobni Pijesak	0.000	1.53	3	1.04	-0.56	0.10	0.46	Moderate
Slovenska plaza	0.087	1.32	7	0.87	-0.40	0.17	0.47	Moderate
Mirista	6.593	1.87	30	-1.35	1.71	0.09	0.58	Good

Na osnovu analize M-AMBI indeksa dobijeni su sledeći rezultati:



Slika 3. Vrijednosti M-AMBI indeksa na pozicijama obalnih voda

Na osnovu dobijenog indeksa ekološkog statusa lokalitet Dobre vode spada u kategoriju vrlo dobar ekološki status, Oblatno i Mirišta su u kategoriji voda dobrog ekološkog statusa dok su Drobnji pijesak i Slovenska plaža u kategoriji voda koje imaju umjeren ekološki status.

## Literatura

- Alf, A. & Haszprunar, G. 2015. Mittelmeer-Mollusken (Prosobranchia & Bivalvia), Ein Bestimmungsbuch. ConchBooks, Harxheim, Germany, pp. 416.
- Borja A., Mader J., Muxika I., Rodriguez J.G., Bald J. 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1377-1379.
- Boyer, M. 2011. Atlante di flora e fauna del reef. 320 p. Il castello.
- Dance, P. S. 2004. Conchiglie. 256 p. La biblioteca della natura
- Doneddu, M. & E. Trainito, 2010. Conchiglie del Mediterraneo. 272 p. Il Castello
- Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza I određivanje omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće. *Hrvatske vode*, 2015. Pp 247.
- Mojetta, A. & A. Ghisotti, 2005. Flora e fauna del Mediterraneo. 318 p. Mondadori.
- Nikoforos, G. 2005. Fauna del Mediterraneo. 366 p. Giunti Gruppo Editoriale, Firenze.

- Poppe, T. G. & Goto, Y. 1991. European Seashells, Vol. 1. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden, Germany, pp 352.
- Poppe, T. G. & Goto, Y. 2000. European Seashells, Vol. 2. ConchBooks, Hackenheim, Germany, pp 221.
- Riedl, R. 2010. Fauna e flora del Mediterraneo. 777 p. Franco Muzzio Editore-Roma.
- Pravilnik o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda Broj: 327-12/19-11 od 15. aprila 2019.godine
- Trainito, E. & R. Baldaconi, 2014. Atlante di flora e fauna del Mediterraneo. 432 p. Il Castello.
- Turk, T. 2011. Pod površinom Mediterana. 590 p. Školska knjiga, Zagreb.
- Zavodnik, D. & A. Šimunović, 1997. Beskralješnjaci morskog dna Jadrana. 217 p. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo, BiH.
- Zenetos, A., Gofas, S., Russo, G. & J. Tendlado, 2003. CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol. 3. Molluscs. (F. Briand, Ed.). 376 pages. CIESM Publishers, Monaco.