

Procjena ekološkog stanja priobalnih voda na području Opatije pomoću metode CARLIT

Fučak, Andrej

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:852329>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

Andrej FUČAK

**PROCJENA EKOLOŠKOG STANJA PRIOBALNIH VODA NA
PODRUČJU OPATIJE POMOĆU METODE CARLIT**

ZAVRŠNI RAD

Pula, 2020.

SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

Andrej FUČAK

**PROCJENA EKOLOŠKOG STANJA PRIOBALNIH VODA NA
PODRUČJU OPATIJE POMOĆU METODE CARLIT**

ZAVRŠNI RAD

JMBAG: 0303074479

Status: Redovni student

Kolegij: Algologija

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Ljiljana Iveša

Pula, 2020.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Andrej Fućak, kandidat za prvostupnika (baccalaureus) "Znanosti o moru" ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student: Andrej Fućak

U Puli, 28. rujna 2020.

Završni rad završetak je preddiplomskog studija "Znanost o moru" pri Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli. Praktični dio rada proveden je direktno *in situ* u priobalju Opatije u suradnji s Centrom za istraživanje mora Rovinj, Instituta „Ruđer Bošković“. Praktični dio rada je napravljen u priobalju Grada Opatije.

Voditelj Sveučilišnog preddiplomskog studija "Znanost o moru" imenovao je mentora završnog rada.

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Ljiljana Iveša

Povjerenstvo za ocjenjivanje i obranu:

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Ljiljana Iveša

Predsjednik: Doc.dr.sc. Paolo Paliaga

Član: Izv.prof.dr.sc. Andrej Jaklin

Datum i mjesto obrane završnog rada: 28. rujna 2020., CIM Rovinj

Rad je rezultat samostalnog istraživačkog rada.

Andrej Fućak

Zahvala

Ovim putem želim se zahvaliti izv.prof.dr.sc. Ljiljani Iveši na pomoći pri izradi ovog završnog rada, razumijevanju i strpljenju koje je pokazala. Veliko hvala članovima povjerenstva za ocjenjivanje i obranu doc.dr.sc. Paolu Paliagi i izv.prof.dr.sc. Andreju Jaklinu na svim savjetima i stručnom vodstvu. Zahvaljujem se također, svim profesorima i asistentima sa studija Znanost o moru na stečenom znanju te ugodnom iskustvu. Također se želim zahvaliti svim kolegama na potpori i prijateljstvu. I na kraju, najveća zasluga pripada mojoj obitelji koja mi je pružila i omogućila akademsko obrazovanje.

SADRŽAJ

1 UVOD	
1.1 Antropogeni utjecaj u priobalnom ekosustavu	1
1.2 Biološki element kvalitete (BEK) „Makroalge“	1
1.3 Kvarnerski zaljev	3
1.4 Cilj istraživanja	4
2 MATERIJALI I METODE	5
2.1 Istraživano područje	5
2.2 CARLIT metoda	6
3 REZULTATI	10
3.1 Stanje vodnih tijela na osnovi BEK Makroalgi u opatijskom priobalju tijekom 2020. godine	10
3.1.1 Ekološko stanje postaje Volosko	10
3.1.2 Ekološko stanje postaje Opatija-Zapad	12
3.1.3 Ekološko stanje postaje Opatija-Centar	14
3.1.4. Ekološko stanje postaje Opatija-Istok	16
3.1.5. Ekološko stanje postaje Ičići	18
4 RASPRAVA	22
5 ZAKLJUČAK	25
6 LITERATURA	26
7 TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	31
8 BASIC DOCUMENTATION CARD	32

1 UVOD

1.1 Antropogeni utjecaj u priobalnom ekosustavu

Eksplozivni rast ljudske populacije i potrošnje doveo je do znatnog porasta antropogenih aktivnosti. Utjecaj ribarstva, poljodjelstva, prometa, trgovine te urbanizacije dovodi do promjena u strukturi i funkciji kopnenih i morskih ekosustava. Glavni antropogeni čimbenici koji se odražavaju na morske ekosustave su prekomjerno iskorištavanje bioloških resursa, unošenje alohtonih vrsta, degradacija i fragmentacija prirodnih staništa, ozonske rupe, globalno zatopljenje te onečišćenje morskog okoliša (Borja i sur., 2011). Stalni monitorinzi kroz lokalnu i međunarodnu suradnju nužni su za smanjenje antropogenih utjecaja i za održivo upravljanje morskim resursima.

Na razini Europske Unije okvir za djelovanje zajednice na području politike voda reguliran je Okvirnom direktivom o vodama (EC, 2000). Direktiva je usvojena 22. listopada 2000. godine, njome se uspostavljaju zakonodavni okviri zaštite i održivog upravljanja kopnenih te morskih voda. Okvirna direktiva o vodama zahtjeva od svojih članica da svim vodenim površinama dodjele „ekološki status“ (Hering i sur., 2010).

Za praćenje ekološkog stanja predviđeno je monitoriranje bioloških elemenata kvalitete (fitoplaktona, beskralješnjaka, riba, makroalgi i morskih cvjetnica) u morskom ekosustavu radi kategorizacije vodenih tijela u 5 ekoloških stanja (vrlo dobro, dobro, umjereno dobro, loše i vrlo loše). Biološki elementi kvalitete pružaju odgovor s obzirom na fizikalno-kemijske promjene u okolišu (koncentracija kisika, pH vrijednost, temperatura, salinitet, hranjive tvari) i hidro-morfološke utjecaje (strujanje, plima-oseka) te se pomoću njih može zaključiti u kojem opsegu promjene u okolišu koreliraju s ekološkim stanjem morskih ekosustava (EC, 2000).

1.2 Biološki element kvalitete (BEK) „Makroalge“

Makroalge su najčešće korišteni bioindikatori zbog svoje raznolikosti i sjedilačkog načina života koji omogućuje monitoring kvalitete vode kroz duži vremenski period (Ballesteros i sur., 2007). U literaturi su zasada opisane i korištene mnoge metode pomoću kojih se na

osnovi BEK makroalgi procjenjuje ekološko stanje okoliša: EEI (engl. Ecological Evaluation Indeks; Orfanidis i sur., 2003), CARLIT (engl. Cartography of Littoral rocky-shore communities; Ballesteros i sur., 2007), CCO (engl. Cover Characteristic species Opportunistic species; Gall i sur., 2016), CFR (španj, Calidad de Fondos Rocosos; Guinda i sur., 2014), E-MaQI (engl. Expert-Macrophyte Quality Indeks; Sfriso i sur., 2009), ICS (engl. Index of Community Structure; Gall i Le Duff, 2014), MarMAT (engl. Marine Macroal-gae Assessment Tool; Neto i sur., 2012), RICQI (engl. Rocky Intertidal Community Quality Indeks; Díez i sur., 2012) i RSL (engl. Reduced Species List; Bermejo i sur., 2012).

Najčešće korištene metode na području Mediterana su EEI i CARLIT. EEI metoda je prvotno korištena u Grčkoj (Orfanidis i sur., 2001, 2003; Panayotidis i sur., 2004). To je kvantitativna metoda koja uključuje uzorkovanje makroalgi pomoću kvadrata te njihovu separaciju i klasifikaciju u laboratoriju. Makroalge se svrstavaju u skupine ekološkog stanja (ESG I i ESG II). ESG I označava vrste s čvrstim ili vapnenim talusom koje imaju duge životne cikluse, te manju brzinu rasta i razvoja. ESG II opisuje oportunističke vrste s kratkim životnim ciklusima i velikom brzinom rasta. Sezonskim uzorkovanjem povezuju se makroalge i vodeni stupac s varijablom kojom se kategorizira ekološko stanje (ESC): vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše (Orfanidis i sur., 2003). Prednosti korištenja EEI metode su sistematska točnost, objektivna procjena i referentna zbirka podataka (Iveša i sur., 2009). Najveći nedostaci EEI metode su dugotrajan i naporan proces prikupljanja i obrade podataka, potreba za specijalistima, financijska zahtjevnost, te destruktivan način uzorkovanja. Druga metoda koja se koristi pri procjeni ekološkog statusa okoliša u priobalju je CARLIT tj. „Kartiranje litoralnih zajednica stjenovite obale“. Suprotno EEI metodi CARLIT je potpuno nedestruktivna metoda kojom se vizualno opažaju dominantne zajednice makroalgi uz obalu. Uz abundanciju makroalgi nužno je definirati i geomorfologiju obale zbog njezine uloge u rastu i razvoju, a time i formiranju zajednica makroalgi u priobalju (Ballesteros i sur., 2007). Prvotno je korištena u pokrajini Katalonija (Španjolska) 2001. godine (Ballesteros i sur., 2007). Nadalje, CARLIT metoda primjenjuje se od 2004. godine u Italiji (Mangialajo i sur., 2007; Sfriso i sur., 2011), u Francuskoj od 2006. god (Thibaut i sur., 2008), u Albaniji od 2013. godine (Blanfuné i sur., 2017), u Hrvatskoj od 2009. godine (Nikolić i sur., 2013), te na Malti i u Alžiru.

U ovoj metodi zajednice makroalgi su promatrane u gornjem infralitoralumu. Tu su izložene direktnom antropogenom utjecaju i kolebanjima abiotskih čimbenika, te su time osjetljivije na promjene u okolišu. Razina osjetljivosti makroalgi na ekološke promjene u okolišu varira između vrsta, stoga su Ballesteros i sur. (2007) podijelili dominantne zajednice makroalgi prema tolerantnosti na antropogene utjecaje. Tijekom istraživanja korišten je za Jadran izmijenjen popis vrsta, koje ukazuju na određenu razinu osjetljivosti u okolišu. U ovaj popis Nikolić i sur. (2013) su svrstali pod najveću osjetljivost neprekidne pojaseve vrste *Carpodesmia amentacea*, zatim naselja vrsta *Carpodesmia crinita* i *Treptacantha barbata*, te pod vrste podložnije na promjene, naselja vrste *Cystoseira compressa* i pojedinačne taluse vrste *Carpodesmia amentacea*. Sistematika vrsta roda *Cystoseira* je izmijenjena 2019., te sada postoje tri roda: rod *Cystoseira*, rod *Carpodesmia* i rod *Treptacantha* (Orellana i sur., 2019). U ovom radu će za sve vrste koje su nekad sačinjavale rod *Cystoseira* biti korišten hrvatski izraz „cistozira“, prema Ercegoviću (1952). Smeđe alge cistozire su odličan primjer dugo živućih makroalgi, među kojima većina vrsta ne podnosi onečišćenu morsku vodu pa su stoga odlični bioindikatori. Tako prisutnost naselja cistozira ukazuje na uglavnom čista područja bez puno perturbacija u okolišu (Ercegović, 1952). Druge dominantne vrste Sredozemnog mora koji čine dobre bioindikatore pripadaju rodovima fotofilnih algi: *Padina*, *Dictyota*, *Laurencia*, *Taonia*, *Halopteris* i *Dyctiopteris*. Manju razinu osjetljivosti na antropogene utjecaje i promjene u okolišu pokazuje školjkaš *Mytilus galloprovincialis* i oportunističke vrste zelenih algi rodova *Ulva* i *Cladophora* (Ballesteros i sur., 2007; Nikolić i sur., 2013). Prema Nikoliću i sur. (2013) pojasevi cijanobakterija na granici mediolitorala i gornjeg infralitorala čine najtolerantnije skupine algi te su bioindikator zagađenog morskog okoliša pod velikim antropogenim stresom (Tablica 1).

1.3 Kvarnerski zaljev

Opatijsko priobalje dio je Kvarnerskog zaljeva sjevernog Jadrana u podnožju planine Učke (visine 1.396 m). Kvarnerski zaljev smješten je između Vinodolsko-velebitske obale i istarskog poluotoka. Čine ga otoci Krk, Cres, Lošinj, Rab, Pag te akvatoriji Riječki zaljev, Kvarner, Kvarnerić i Vinodolsko velebitski kanal (Slika 1). Riječki zaljev površinom od 449 km² spada u najsjevernija i najviše zatvorena područja Jadranskog mora te ga sukladno tome karakteriziraju posebna hidrografska i fizikalno-kemijska svojstva (Viličić, 2014). Prosječna

dubina mora iznosi 60-65 m dok je salinitet oko 37,5. Salinitet u određenim dijelovima zaljeva može znatno varirati zbog prisutnosti brojnih podmorskih izvora slatke vode (Benac i sur., 2003) i velike količine godišnjih oborina (Gajić-Čapka i sur., 2003). Strujanje je usko povezano sa sjevernim vjetrom bura (Viličić, 2014). Geološki, područje čine karbonatne stijene koje su oblikovane u krški reljef kao posljedica uzdizanja razine mora nakon posljednjeg razdoblja glacijala. Amplitude između plime i oseke iznose otprilike 0,8 m. Površina Grada Opatije iznosi ukupno 80,92 km² od kojih je kopneni dio 67,20 km², dok površina akvatorija iznosi 13,72 km².

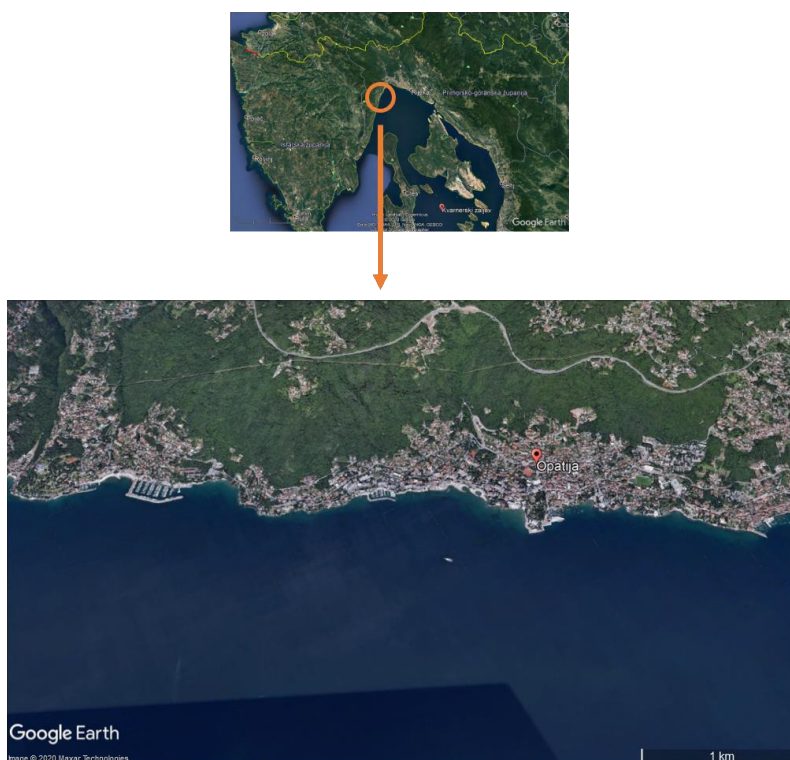
1.4 Cilj istraživanja

Cilj ovog rada bila je procjena ekološke kvalitete priobalne morske vode opatijskog područja pomoću CARLIT metode, uz utvrđivanje lokaliziranih antropogenih utjecaja i dotoka slatke vode. Pri istraživanju je bilo ključno raspoznati dominantnu zajednicu makroalgi i geomorfološke karakteristike svakog obrađenog transeka. Pretpostavlja se da će u ovom radu prevladavati niže vrijednosti EQR indeksa u priobalju Opatije zbog lokaliziranih antropogenih utjecaja. Nadalje, cilj istraživanja je usporediti EQR vrijednosti za priobalje Opatije u proljeće 2020. godine s EQR vrijednostima CARLIT metode za Riječki zaljev u istraživanju 2017. godine.

2 MATERIJALI I METODE

2.1 Istraživano područje

Procjena ekološke kvalitete morske vode putem CARLIT metode je započeta u svibnju 2020. na području opatijskog priobalja. Ukupna dužina obale iznosi 7.554 m, od kojih je pregledano 6.729 m koristeći CARLIT metodu. Ona obuhvaća Općinu Volosko (947 m), Grad Opatiju (4.482 m) te Općinu Ičići (1.481m). Obalna linija podijeljena je u 5 postaja koji su dužine otprilike 1,5 km. Prva postaja obuhvaća područje Voloska te iznosi 1.377 m, druga područje Opatija-Zapad (1.622 m), treća Opatija-Centar (1.564 m), četvrta Opatija-Istok (1.405 m), te peta Ičići (1.586 m). Obrađeno je ukupno 36 transekata duž obale prosječne dužine 203 m. Transekti se prvenstveno razlikuju po geomorfološkim karakteristikama i/ili prisutnim vrstama makroalgi, tj. njihovim zajednicama (Tablica 6).



Slika 1. Karta Kvarnerskog zaljeva i istraživanog područja opatijskog priobalja na kojemu je provedena procjena ekološkog stanja morske vode korištenjem CARLIT metode.

2.2 CARLIT metoda

Metoda CARLIT se zasniva na pregledavanju obalnog pojasa, uz bilježenje prisustva zajednica i abundancije dominantnih vrsta makroalgi, te školjkaša vrste *Mytilus galloprovincialis* u gornjem infralitoralno duž hridinaste obale (Ballesteros i sur., 2007; Mangialajo i sur., 2007; Asnaghi i sur. 2009, Nikolić i sur., 2013). U ovom radu terenski dio istraživanja proveden je na osnovi vizualnih opažanja hodajući uz obalu u vrijeme oseke u proljeće 2020. godine. Zajednice makroalgi (Tablica 1) i geomorfološki čimbenici obrađenih transekata obale, koji su jedan od glavnih ekoloških čimbenika koji oblikuju zajednice makroalgi (Tablica 2), direktno se ucrtavaju u grafički prikaz – karte koje su preuzete iz programa Google Earth Pro. Grafički prikaz mora biti u mjerilu koje omogućuje lako snalaženje u prostoru na terenu i bilježenje zajednica te geomorfoloških čimbenika (mjerilo karte 1:10000 ili 1:5000; Ballesteros i sur., 2007).

Tablica 1. Popis i opis zajednica makroalgi i njihovih razina osjetljivosti (RO) u metodi CARLIT.

Zajednica	Opis zajednice	Razina osjetljivosti (RO)
<i>Carpodesmia amentacea</i>	Neprekidan pojas vrste <i>Carpodesmia amentacea</i>	20
<i>Cystoseira crinitophylla</i>	Populacije vrste <i>Cystoseira crinitophylla</i>	20
<i>Carpodesmia crinita</i>	Populacije vrste <i>Carpodesmia crinita</i>	20
<i>Cystoseira corniculata</i>	Populacije vrste <i>Cystoseira corniculata</i>	20
<i>Cystoseira foeniculacea</i>	Populacije vrste <i>Cystoseira foeniculacea</i>	20
Trotoar	Organogene tvorbe vrste <i>Lithophyllum byssoides</i> i drugih koralinskih algi (trotoar)	20
<i>Treptacantha barbata</i>	Populacije vrste <i>Treptacantha barbata</i> bez drugih svojti cistozira	16
<i>Carpodesmia amentacea</i>	Nakupine vrste <i>Carpodesmia amentacea</i>	15
<i>Cystoseira compressa</i>	Populacije vrste <i>Cystoseira compressa</i> bez drugih svojti cistozira	12
<i>Carpodesmia amentacea</i>	Rijetki pojedinačni talusi vrste <i>Carpodesmia amentacea</i>	10
Fotofilne alge	Zajednica fotofilnih algi uz prevladavanje rodova <i>Padina/Dictyota/Dictyopteris/Taonia/Halopteris</i>	10
<i>Corallina</i>	Zajednica u kojoj prevladavaju vrste <i>Corallina elongata</i> i/ili <i>Haliptilon virgatum</i>	8
<i>Mytilus</i>	Zajednica u kojoj prevladava vrsta <i>Mytilus galloprovincialis</i>	6
Zelene alge	Zajednica u kojoj prevladavaju svoje rodova <i>Ulva/Enteromorpha/Cladophora</i>	3
Cijanobakterije	Pojas cijanobakterija	1

Pomoću popisa geomorfoloških čimbenika prilagođenog za Jadran okarakteriziran je svaki transekt zasebno (Tablica 2). Za proučavano područje priobalja Opatije karakteristična je niska obala vapnenačkog podrijetla. Opažanjima *in situ* utvrđen je subvertikalni nagib obale (30-60°) za većinu transekata te je zabilježena hrapava podloga na svim tipovima prirodne obale, a glatka na umjetnom tipu obale. Obala s pomičnim tipom sedimenta nije uzeta u obzir, budući da nije pogodna za rast i razvoj makroalgi (Ballesteros i sur., 2007). U ovom radu za obalu s pomičnim sedimentom (pretežno plaže) izmjerena je samo dužina obale.

Tablica 2. Popis geomorfoloških čimbenika i njihovih kategorija u CARLIT metodi.

Geomorfološki čimbenik	Kategorije
Morfologija obale	Visoka obala Niska obala Blokovi
Podloga	Vapnenac, Breča Pješčenjak, Metamorfna stijena
Nagib	Horizontalni (0°-30°) Subvertikalni (30°-60°) Vertikalni (60°-90°) Prevjes
Orijentacija obale	Sjever, Sjeveroistok, Istok, Jugoistok, Jug, Jugozapad, Zapad, Sjeverozapad
Tip obale	Prirodna Umjetna
Struktura podloge	Hrapava Glatka
Izloženost (udaljenost prema najbližoj obali)	0 - 500 m 500 – 1000 m >1000 m

Izračun CARLIT indexa prvenstveno se temelji na EQ („Ecological Quality“; jednadžba 1) koji je omjer umnoška dužine obale (transekt) i osjetljivosti vrste sa dužinom obale (transekt)

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

gdje je:

EQ- vrijednost ekološke kvalitete za pojedini transekt

l_i - dužina obale za situaciju i

SL_i - razina osjetljivosti za situaciju i

Završni rezultati procjene ekološke kvalitete morske vode metodom CARLIT izražavaju se putem EQR („Ecological quality ratio“). EQR je omjer prethodno dobivenog EQ te EQ_{rsi} (referentne vrijednosti za dio obale s pripadajućim geomorfološkim karakteristikama). Postoji 9 geomorfološki relevantnih situacija (GRS); svaka situacija sastoji se od različitih kombinacija morfologije obale i njenog nagiba, te je za svaku situaciju utvrđena referentna vrijednost za ekološku kvalitetu (Nikolić i sur., 2013; Tablica 3).

Tablica 3. Devet geomorfološki relevantnih situacija (GRS) i njihove referentne vrijednosti (EQ_{rsi}).

GRS	Morfologija obale	Nagib obale	EQ _{rsi}
1	Niska obala	Horizontalni	19,02
2	Niska obala	Subvertikalni	17,72
3	Niska obala	Vertikalni	14,62
4	Niska obala	Previjes	9,66
5	Visoka obala	Horizontalni	20
6	Visoka obala	Subvertikalni	17,55
7	Visoka obala	Vertikalni	12,97
8	Visoka obala	Previjes	10
9	Blokovi		12,76

Rezultati primjene CARLIT metode su izraženi putem EQR vrijednosti (jednadžba 2) prema sljedećoj formuli:

$$EQR = \frac{\sum \frac{EQ_{ssi} * l_i}{EQ_{rsi}}}{\sum l_i}$$

gdje je:

i – geomorfološki relevantna situacija (GRS)






EQ_{ssi} – ekološka kvaliteta (EQ) za situaciju i

EQ_{rsi} – ekološka kvaliteta (EQ) u referentnom području za situaciju i

l_i – duljina obale za situaciju i

EQR vrijednost izražena je od 0 do 1, što je rezultat bliži 1 to je ekološka kvaliteta morske vode bolja i suprotno tome vrijednosti bliže 0 označavaju lošiju ekološku kvalitetu morske vode. EQR vrijednosti se svrstavaju u pet razreda ekološkog stanja: vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše. Navedeni razredi imaju određene granice tj. raspone i boje, kojima se u kartama kao finalan rezultat označava kvaliteta ekološkog stanja na istraženom području (Tablica 4).

Tablica 4. Naziv, raspon i boja za označavanje razreda ekološkog stanja za primjenu CARLIT indeksa (preuzeto iz Kušpilić i Precali (2018)).

Ekološko stanje	EQR	Boja
Vrlo dobro	> 0,75 – 1	
Dobro	> 0,60 – 0,75	
Umjereno	> 0,40 – 0,60	
Loše	> 0,25 – 0,40	
Vrlo loše	0 – 0,25	

3 REZULTATI

Ukupna EQR vrijednost za cjelokupno istraživano područje iznosi 0,39, te ga time svrstavamo u područje lošeg ekološkog stanja (Tablica 6). Od 7554 m dužine obalne linije (zajedno s dužinom obale plaža i marina) duž koje je provedeno istraživanje 45,1% (3.410 m) spada u područje umjerenog ekološkog stanja, vrlo lošeg 28,8% (2.930 m), dok ostatak čine 2,2% dobrog (169 m) i 1,9% vrlo dobrog (146 m) stanja. Ostatak obale koji nije istraživan zbog pomičnog tipa podloge ili nemogućnosti prilaska iznosi 11,9% (899 m).

3.1 Stanje vodnih tijela na osnovi BEK Makroalgi u opatijskom priobalju tijekom 2020. godine

Najveća zabilježena EQR vrijednost u opatijskom priobalju bila je na transektu 25, dio postaje 4 (Opatija-Istok) gdje je EQR iznosio 0,77, pa se time ekološko stanje na ovom transektu može okarakterizirati kao vrlo dobro. To je ujedno i jedina postaja koju su krasile zajednice fotofilnih algi uz geomorfološka obilježja visoke obale i vertikalnog nagiba. Najmanja zabilježena EQR vrijednost nalazila se na transektu 14 koji pripada postaji 2 (Opatija-Zapad), gdje je EQR iznosio 0,17 i time ekološko stanje ovog transekta se može okarakterizirati kao vrlo loše. Naselja smeđih algi cistozira nisu zabilježena duž istražene obalne linije. Zajednice makroalgi koje dominiraju duž ispitanih transekata su zelene alge rodova *Ulva* i *Cladophora* zauzimajući 38,8% (2.930 m) ukupne istražene obale; vrste roda *Corralina* prevladavaju na 29,2% (2.204 m) istražene obale, fotofilne alge dominiraju na 18,5% (1.397 m) istražene obale, te zajednice u kojima dominira školjkaš *Mytilus galloprovincialis* na 1,6% (124 m) istražene obale (Tablica 6).

3.1.1 Ekološko stanje postaje Volosko

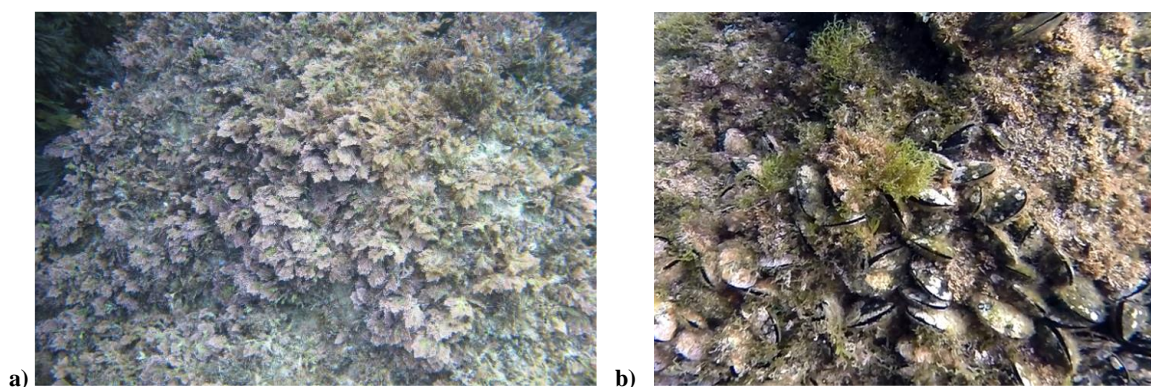
Postaju Volosko karakteriziraju brojni podmorski izvori kojima slatka voda dopijeva u more, snažni antropogeni utjecaji kao što je kanalizacija, te marine gdje značajna količina goriva dopijeva u vodeni stupac. Važno je napomenuti da je Volosko popularno turističko odredište te brojni uslužni objekti vrše negativan pritisak na ekološko stanje mora ponajviše

zahvatima poput nasipavanjem obale ili nepravilnim zbrinjavanjem otpada. Dominantne geomorfološke osobine postaje su prirodna te niska subvertikalna i vertikalna obala (Tablica 6). Na postaji Volosko na osnovi istraženih transekata ukupni EQR postaje iznosi 0,38, što odgovara lošem ekološkom stanju (Slika 2, Tablica 6).

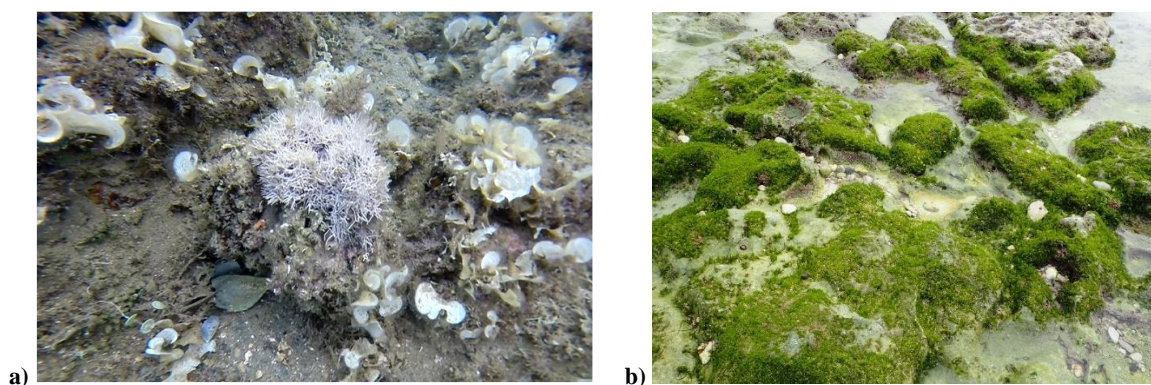


Slika 2. Ekološko stanje postaje Volosko u proljeće 2020. na istraženim transektima (transekti od 1 do 8). Ekološko stanje većine kartiranih transekata okarakterizirano je kao umjereno (žuta boja), a manjim dijelom kao vrlo loše (crvena boja) i dobro (zelena boja).

Najviše su dominirala naselja vrste *Corallina officinalis* (Slika 3a), te naselja zelenih makroalgi rodova *Ulva* i *Cladophora* (Slika 4b). Naselje fotofilnih algi koje je sastavljeno od vrsta *Padina pavonica*, *Laurencia obtusa* i *Dictyota dichotoma* (Slika 4a) zajedno s vrstom školjkaša *Mytilus galloprovincialis* (Slika 3b) zabilježena su samo na transektu 6.



Slika 3. a) Naselje crvene vapnene alge *Corallina officinalis* (transekt br. 4) te b) dominacija školjkaša *Mytilus galloprovincialis* uz prisustvo smeđe alge *Dictyota dichotoma* (transekt br. 1) na postaji Volosko na dubini od 0,5 m.



Slika 4. a) Naselje fotofilnih algi uz dominaciju vrsta *Padina pavonica* i crvene alge *Amphiroa rigida* (transekt br. 6) te b) dominacija zelenih algi roda *Ulva* (transekt br. 2) na postaji Volosko na dubini od 1 metara.

3.1.2 Ekološko stanje postaje Opatija-Zapad

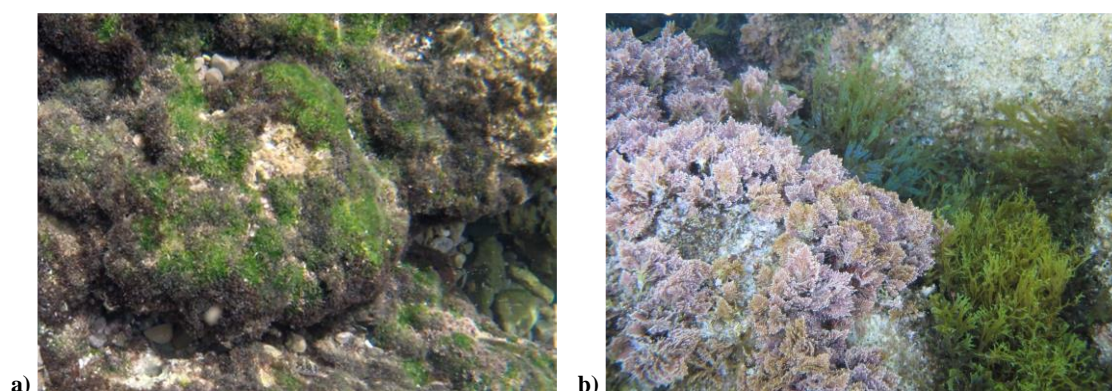
Postaju Opatija-Zapad karakteriziraju brojne plaže i umjetna obala sačinjena od kamenih blokova te obalnih zidova (Slika 5). Glavna marina Grada Opatije također pripada ovom području stoga ona stvara najveći antropogeni pritisak zbog velikog morskog prometa s kojim puno biogenog materijala poput goriva završi u moru. Dominantne geomorfološke osobine postaje su umjetna te vertikalna i subvertikalna obala sačinjena od betonskih blokova. Na postaji Opatija-Zapad na osnovi istraženih transekata ukupni EQR postaje iznosi 0,37, što odgovara lošem ekološkom stanju postaje (Slika 5, Tablica 6).

U istraženom obalnom području dominirale su oportunističke vrste i to zelene alge rodova *Ulva* i *Cladophora* uz školjkaša *Mytilus galloprovincialis* (Slika 6a). Na zapadnoj strani

postaje možemo naći degradirane zajednice fotofilnih algi (Slika 7) te naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* (Slika 6b). Najveću EQR vrijednost 0,62 na ovoj postaji dijele transekti 9 i 17 zato što su to područja udaljena od središnje marine i plaža te na njih nema većih lokaliziranih antropogenih utjecaja. Najmanju izračunatu EQR vrijednost ima transekt 14 sa 0,17 zbog toga što se nalazi u dijelu lučice pod znatnim antropogenim utjecajem i nema značajan protok vode.



Slika 5. Ekološko stanje postaje Opatija-Zapad u proljeće 2020. na istraženim transektima (transekti od 9 do 17). Ekološko stanje većine kartiranih transekata okarakterizirano je kao loše (crvena boja), a manjim dijelom kao umjereno (žuta boja) i dobro (zeleno boja).



Slika 6. a) Naselja zelenih algi roda *Ulva* na postaji Opatija-Zapad na dubini od 0,5 m (transekt br. 14) te b) naselje crvene vapnene alge *Corallina officinalis* i smeđe alge *Dictyota dichotoma* na postaji Opatija-Zapad na dubini od 1 m (transekt br. 12).



Slika 7. Degradirano naselje fotofilnih algi uz prevladavanje smeđe alge roda *Halopteris* na postaji Opatija-Zapad na dubini od 0,5 m (transekt br. 10).

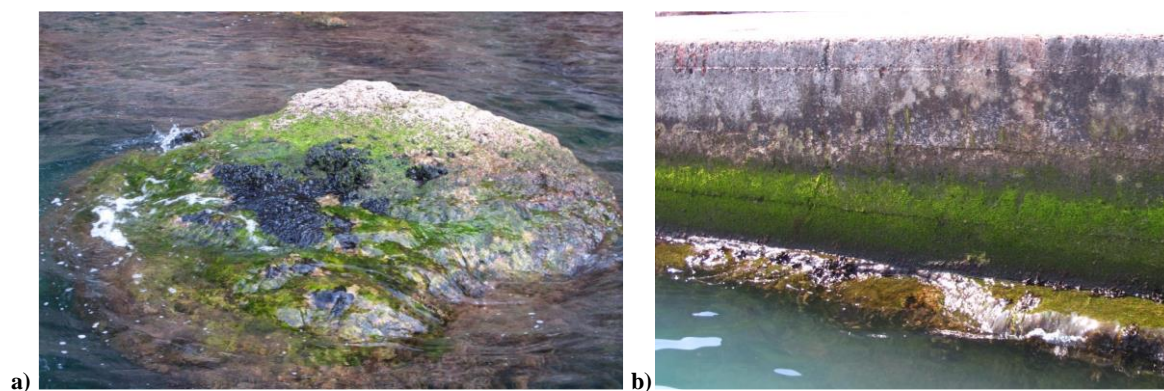
3.1.3 Ekološko stanje postaje Opatija-Centar

Postaja Opatija-Centar obuhvaća Slatinu, najveću plažu cjelokupnog istraživanog područja (Slika 8). Dominantna geomorfološka osobina postaje je umjetna, vertikalna obala koja je građena od kamenih blokova i obalnih zidova koji zauzimaju 83,6% ukupne površine. Na prirodnoj obali prevladavao je subvertikalni nagib. Ova postaja je pod velikim antropogenim utjecajem zbog otpadnih voda iz kanalizacijskih ispusta, guste naseljenosti te mnoštva turističkih posjetioca, naročito ljeti. Prema podacima DHMZ-a (Državni hidrometeorološki zavod) 2019. godine palo je 1690,7 mm/m² kiše u Rijeci što ukazuje na veliku količinu oborina koje potom uzrokuju eroziju i donose u more organske tvari naročito ispiranjem s planine Učke. Na postaji Opatija-Centar na osnovi istraženih transekata ukupni EQR postaje iznosi 0,32, što odgovara lošem ekološkom stanju postaje (Slika 8, Tablica 6).

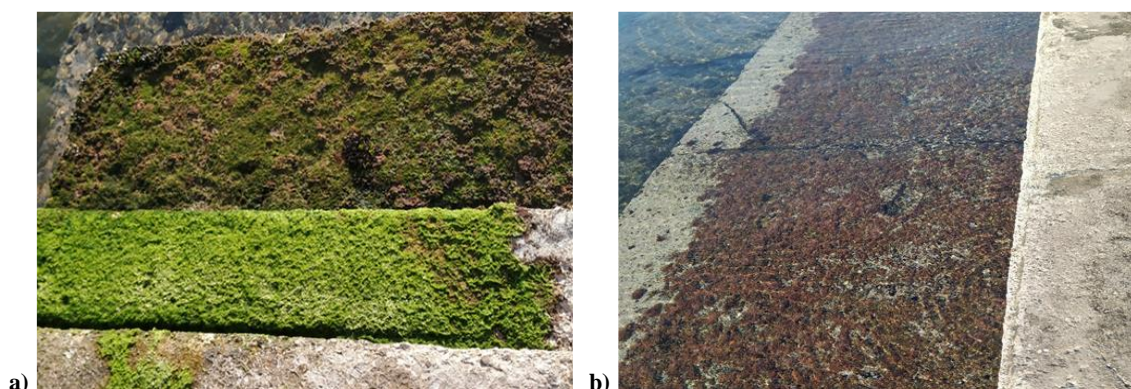
Dominantne vrste makroalgi na području Opatija-Centar bile su zelene vrste algi rodova *Ulva* i *Cladophora* (sa i bez školjkaša *Mytilus galloprovincialis*; Slika 9, a i b). Česta su bila i naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* uz prisustvo zelene alge roda *Ulva* (Slika 10, a i b), a tek ponegdje su zabilježena naselja fotofilnih algi.



Slika 8. Ekološko stanje postaje Opatija-Centar u proljeće 2020. na istraženim transektima (transekti od 18 do 23). Ekološko stanje većine kartiranih transekata okarakterizirano je kao loše (crvena boja), a manjim dijelom kao umjereno (žuta boja) i dobro (zelena boja).



Slika 9. a) Dominacija vrste roda *Ulva* i dagnje *Mytilus galloprovincialis* na blokovima te b) prevladavanje vrsta rodova *Ulva* i *Cladophora* na obalnim zidovima na postaji Opatija-Centar na dubini od 0,5 m (transekt br. 19 i 20).



Slika 10. a) Prevladavanje vrste roda *Ulva* te b) naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* na umjetnoj, betonskoj obali na postaji Opatija-Centar na dubini od 0,5 m (transekt br. 19 i 20).

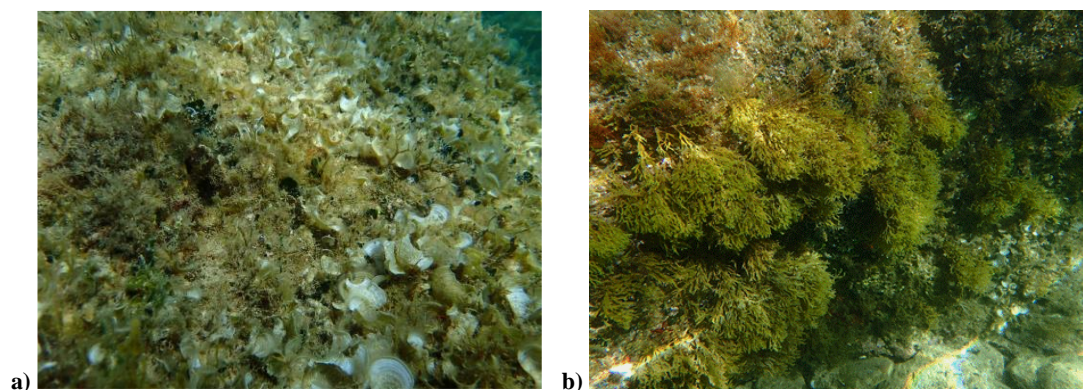
3.1.4 Ekološko stanje postaje Opatija-Istok

Ova postaja je uglavnom bez većeg antropogenog utjecaja, osim na nekim transektima gdje se nalaze podmorski izvori slatke vode. Manja je naseljenost nego u drugim istraženim dijelovima obale i područje je geografski otvorenije prema moru, pa nema značajnih poremećaja u ekosustavu (Slika 11). Dominantne geomorfološke osobine su niska prirodna obala koja je subvertikalnog nagiba (30-60%). Na postaji Opatija-Istok na osnovi istraženih transekata ukupni EQR postaje iznosi 0,54, što odgovara umjerenom ekološkom stanju postaje (Slika 11, Tablica 6). Transekt 25 je najveće kvalitete s EQR 0,77 zbog svoje visoke obale, vertikalnog nagiba i prisustva fotofilnih algi.

Zajednica fotofilnih algi dominirala je u istraženom području uz prevladavanje vrsta *Padina pavonica*, *Laurencia obtusa* i *Dictyota dichotoma* (Slika 12, a i b). Nadalje, zabilježena su i naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* (Slika 13), a tek mjestimično su zabilježene zelene alge roda *Ulva*.



Slika 11. Ekološko stanje postaje Opatija-Istok u proljeće 2020. na istraženim transektima (transekti od 24 do 31). Ekološko stanje većine kartiranih transekata okarakterizirano je kao umjereno (žuta boja), a manjim dijelom kao dobro (zeleno) i vrlo dobro (plava boja).



Slika 12. a) Naselje fotofilnih algi uz prevladavanje vrste *Padina pavonica* te b) uz prevladavanje vrste *Dictyota dichotoma* na postaji Opatija-Istok na dubini od 1 m (transekt br. 24, 25 i 26).



Slika 13. Naselje crvene vapnene alge *Corallina officinalis* uz mjestimičnu prisutnost crvene alge *Laurencia obtusa* na postaji Opatija-Istok na dubini od 0,5 m (transekt br. 28).

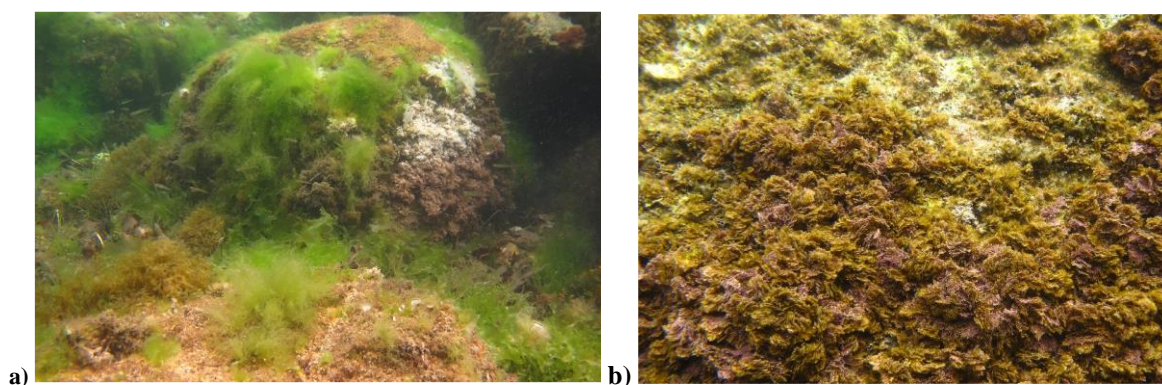
3.1.5 Ekološko stanje postaje Ičići

Na postaji Ičići antropogeni utjecaj je jako izražen. Na postaji Ičići na osnovi istraženih transekata ukupni EQR postaje iznosi 0,36, što odgovara lošem ekološkom stanju postaje (Slika 14, Tablica 6). Ono obuhvaća ACI marinu, glavnu plažu Ičića i obalno šetalište Lungomare koje se proteže do susjednog mjesta Ike (Slika 14). Za područje su karakteristični veliki godišnji broj posjetitelja i čest brodski promet.



Slika 14. Ekološko stanje postaje Ičići u proljeće 2020. na istraženim transektima (transekti označeni brojevima, od 32 do 36). Ekološko stanje većine kartiranih transekata okarakterizirano je kao umjereno (žuta boja), a manjim dijelom kao vrlo loše (crvena boja).

Veliki dio obale je umjetno izgrađen od kamenih blokova subvertikalnog nagiba i obalnih zidova vertikalnog nagiba. Ostatak čini prirodna niska obala subvertikalnog nagiba. Prevladavaju oportunističke vrste zelenih algi roda rodova *Cladophora* i *Ulva* (Slika 15a), mjestimično uz prisutnost školjkaša vrste *Mytilus galloprovincialis*. Na zapadnom dijelu postaje, koji je bio izvan antropogenog utjecaja, prevladavaju naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* (Slika 15b). Ponegdje su prisutne i degradirane zajednice fotofilnih algi.



Slika 15. a) Dominacija zelene alge roda *Ulva* (transekt br. 34) te b) naselje crvene vapnene alge *Corallina officinalis* na postaji Ičići na dubini od 0,5 m (transekt br. 36).

Prema prikazanim rezultatima možemo uočiti da more najbolje kvalitete pripada postaji Opatija-Istok gdje EQR vrijednost iznosi 0,54 te time spada u područje umjerenog ekološkog stanja. Slijedi postaja Volosko gdje je prosječna EQR vrijednost iznosila 0,38 pa je svrstana u područje lošeg ekološkog stanja. Postaja Opatija-Zapad ima prosječnu EQR vrijednost 0,37 stoga i ono spada u područje lošeg ekološkog stanja. Postaje najmanje kvalitete morske vode su Ičići gdje je EQR vrijednost iznosila 0,36 i time spada u loše ekološko stanje te Opatija-Centar gdje EQR vrijednost iznosi 0,32 i time također pripada području lošeg ekološkog stanja morske vode (Tablice 5 i 6).

Tablica 5. Prikaz EQR vrijednosti i ekološkog stanja na istraženim postajama.

Segment	Prosječan EQR	Ekološko stanje
Volosko	0,38	Loše
Opatija-Zapad	0,37	Loše
Opatija-Centar	0,32	Loše
Opatija-Istok	0,54	Umjereno
Ičići	0,36	Loše

Tablica 6. Geomorfologija obale (morfologija obale, nagib, referentne vrijednost), dužina transektata, tip zajednice (razina osjetljivosti zajednice, opažanja) te izračunate EQR vrijednosti za svih 5 postaja. Ako tip zajednice nije utvrđen označen je s NU.

Postaja	Br. transektata	Dužina transektata (m)	Morfologija obale	Nagib obale	Tip zajednice	Razina osjetljivosti (RO)	Referentne vrijednosti	EQR transektata	EQR postaje	Opazanja
Volosko	1	124	Blokovi	Vertikalni	<i>Mytilus</i>	6	12,76	0,47		obalni zid
	2	334	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	3	232	Blokovi	Subvertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		blokovi
	4	220	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
	5	37	Blokovi	Vertikalni	<i>Corallina</i>	8	12,76	0,63		obalni zid
	6	220	Niska obala	Subvertikalni	Fotofilne alge	10	17,72	0,56		prirodna obala
	7	67			NU					plaža
	8	143	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
Dužina istraženih transektata na postaji Volosko: 1310 m; ukupna dužina s plažom: 1377 m									0,38	
Opatija Zapad	9	41	Blokovi	Vertikalni	<i>Corallina</i>	8	12,76	0,63		obalni zid
	10	222	Niska obala	Subvertikalni	Fotofilne alge	10	17,72	0,56		prirodna obala
	11	20	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	12	274	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
	13	27			NU					plaža
	14	84	Niska obala	Subvertikalni	Zelene alge	3	17,72	0,17		prirodna obala
	15	109	Blokovi	Subvertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		blokovi
	16	566	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	17	279	Blokovi	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	3	12,76	0,63		blokovi
Dužina istraženih transektata na postaji Opatija-Zapad: 1595 m; ukupna dužina s plažom: 1622 m									0,37	

Postaja	Br. transeka	Dužina transekata (m)	Morfologija obale	Nagib obale	Tip zajednice	Razina osjetljivosti (RO)	Referentne vrijednosti	EQR transekta	EQR postaje	Opažanja
Opatija Centar	18	129	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	19	254	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
	20	688	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	21	224			NU					marina
	22	257	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
	23	12	Blokovi	Vertikalni	<i>Corallina</i>	8	12,76	0,63		obalni zid
Dužina istraženih transekata na postaji Opatija Centar: 1340 m; ukupna dužina s marinom: 1564 m									0,32	
Opatija Istok	24	543	Niska obala	Subvertikalni	Fotofilne alge	10	17,72	0,56		prirodna obala
	25	146	Visoka obala	Vertikalni	Fotofilne alge	10	12,97	0,77		prirodna obala
	26	266	Niska obala	Subvertikalni	Fotofilne alge	10	17,72	0,56		prirodna obala
	27	31			NU					plaža
	28	131	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		prirodna obala
	29	74			NU					plaža
	30	135	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,63		prirodna obala
	31	79	Blokovi	Vertikalni	<i>Corallina</i>	8	12,76	0,63		obalni zid
Dužina istraženih transekata na postaji Opatija Istok: 1374 m; ukupna dužina s plažom: 1405 m									0,54	
Ičići	32	383			NU					marina
	33	93			NU					plaža
	34	235	Blokovi	Vertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		obalni zid
	35	254	Blokovi	Subvertikalni	Zelene alge	3	12,76	0,24		blokovi
	36	621	Niska obala	Subvertikalni	<i>Corallina</i>	8	17,72	0,45		marina
Dužina istraženih transekata na postaji Ičići: 1110 m; ukupna dužina s plažom i marinom: 1586 m									0,36	
Ukupna dužina istražene obale u opatijskom priobalju: 6729 m									0,39	

4 RASPRAVA

U ovom je radu korištenjem CARLIT metode utvrđeno ekološko stanje priobalja Opatije. Istraživana obala je pod velikim antropogenim opterećenjem uzrokovano najviše masovnim turizmom, morskim prometom te lokaliziranim utjecajima ispusta otpadnih voda i kanalizacija. Štoviše, većina obale umjetnog je porijekla nastala nasipavanjem i izgradnjom u obalnom pojasu. Uz antropogeni utjecaj na obalne ekosustave važno je nadodati velike količine oborina, erozije i podmorske izvore slatke vode kao prirodne stresore (Benac i sur., 2003; Gajić-Čapka i sur., 2003). Uzimajući navedene čimbenike u obzir dobiveni rezultati u ovom radu su očekivani. Tako je na postaji Opatija-Istok, koja je udaljena od centra urbanizacije određeno umjereno ekološko stanje, dok na svim ostalim postajama, Volosko, Opatija-Zapad, Opatija-Centar te Ičići utvrđeno je loše ekološko stanje, a razlog tome može se pripisati lokalnim stresorima (Tablice 5 i 6). Također, Nikolić i sur. (2013) zamijetili su najnižu EQR vrijednost pomoću metode CARLIT u blizini marina, luka, industrijskih postrojenja i brodogradilišta.

Loši rezultati ovog istraživanja mogu se usporediti s radom Precali i sur. (2013) gdje su u vodnom tijelu Luka Pula i Tar – Vabriga: Veliki Rt Ras pronađene slične oportunističke vrste zelenih algi i školjkaš *Mytilus galloprovincialis* te su dobivene EQR vrijednosti u rasponu od 0,16 do 0,24. Treba naglasiti da je vodno tijelo Luka-Pula lučko područje uz velike antropogene utjecaje, stoga je i povećana abundancija zelenih algi i školjkaša *M. galloprovincialis*. U ovom radu dobri rezultati dobiveni za postaju Opatija-Istok s pripadajućim EQR 0,54 mogu se usporediti s vodnim tijelom Fažana: Uvala Muraci – Luka Fažana gdje je umjereno ekološko stanje s odgovarajućim EQR 0,53. Oba su područja okarakterizirana pokrovom fotofilnih algi uz mjestimičnu prisutnost hridinskog ježinca *Paracentrotus lividus* te odsustva cistozira, vrsta roda *Sargassum* i vrste *Fucus virsoides* (Precali i sur., 2013).

Smeđe alge roda cistozira su višegodišnje svojte čiji je rast i razvoj dug i spor te predstavljaju klimaks stadij u moru (Ercegović, 1952). Pripadaju IUCN (Međunarodni savez za očuvanje prirode i prirodnih bogatstava) Crvenom popisu makroalgi i morskih cvjetnica Hrvatske (Antolić i sur., 2011). U ovom istraživanju uočeno je odsustvo cistozira, što se može povezati

s neprikladnom geomorfologijom obale poput subvertikalnog nagiba na prirodnoj obali, te kamenih blokova i obalnih zidova na umjetnoj obali (Iveša i sur., 2016). Nadalje, iako nema naselja cistozira u istraživanom području, za neke transekte utvrđene su više vrijednosti EQR-a. Primjerice u transektu 25 postaje Opatija-Istok je izmjereno vrlo dobro ekološko stanje morske vode s pripadajućim EQR 0,77 zbog visoke obale, vertikalnog nagiba i prisustva fotofilnih algi uz prevladavanje vrsta *Laurencia obtusa* i *Padina pavonica*.

Prema izvještaju u sklopu projekta Sustavno ispitivanje kakvoće prijelaznih i priobalnih voda u 2017. godini ekološko stanje vodnog tijela grada Rijeke i šire okolice okarakterizirano je kao vrlo dobro s pripadajućom EQR vrijednosti 0,99. U navedenom istraživanju prevladavala je zajednica fotofilnih algi. Lokalizirano u istom području zbog dotoka slatke vode zabilježene su zelene alge rodova *Cladophora* i *Ulva* (sa i bez vrste *Mytilus galloprovincialis*), a duž obale od opatijskog priobalja pa sve do Brestove zabilježeni su pojasevi manjih organogenih tvorbi vrste *Lithophyllum byssoides*, te naselja vrste *Corallina officinalis* (Kušpilić i Precali, 2018). Nadalje, budući da je CARLIT metoda u Riječkom zaljevu primijenjena na široj prostornoj skali, vrijednosti EQR su znatno više u usporedbi s vrijednostima EQR ovog istraživanja, gdje je CARLIT metoda korištena na manjoj prostornoj skali (7.554 metara obale). Područja Brestove i Brseča karakterizira visoka obala, te veća udaljenost od urbanih i industrijskih centara, stoga i vrijednosti EQR za proljeće 2017. su više za Riječki zaljev, a time i za opatijsko priobalje. U ovom radu niže vrijednosti EQR se odnose isključivo na priobalje Opatije. Za što realniju sliku ekološkog stanja u Riječkom zaljevu, potrebno je provesti dodatna mapiranja na široj prostornoj skali vodnog tijela (Asnaghi i sur., 2009). Metodom CARLIT u ovom istraživanju dobiven je uvid u lokalizirane antropogene utjecaje poput kanalizacijskih ispusta, poljoprivredna područja, lučice i marine te u lokalizirane izvore slatke vode.

Prema Okvirnoj direktivi o vodama za procjenu ekološkog stanja vode koristeći makroalge kao bioindikatore, uz CARLIT metodu vjerodostojna je EEI metoda (Orfanidis i sur., 2003). Obje metode su usklađene prema Direktivi, a razlikuju se prema metodologiji. EEI je kvantitativna metoda koja zahtjeva destruktivno uzorkovanje te duže vrijeme uzorkovanja i obrade podataka u laboratoriju. Tijekom 2003. i 2004. godine je provedeno testiranje EEI metode na dubini većoj od 1 metra u priobalnim vodama sjevernog Jadrana (60 km uz

zapadnu obalu Istre), gdje su rezultati monitoringa pokazali da je kvaliteta ekološkog stanja zapadne obale Istre pomoću makroalgi svrstana u kategoriju dobro (Iveša i sur., 2009). Nadalje, prednost ove metode je: sistematska točnosti i objektivnost te procjena ekološkog stanja morske vode i na većim dubinama. Prema Iveša i sur. (2009) EEI metoda nije bila prikladna za procjenu ekološkog stanja na dubini od 0-1 m, zbog dviju vrsta koje inače spadaju u ESG I grupu, a zabilježene su kao dominantne vrste u područjima pod antropogenim utjecajem. To su bile vrste *Cystoseira compressa* i *Corallina elongata*. Nadalje dobivene vrijednosti EQR-a ovom metodom se mijenjaju po dubinama. Također je financijski izazovna i zahtjeva rad specijalista taksonoma (Orfanidis i sur., 2003).

U usporedbi, CARLIT metoda služi se vizualnim opažanjem makroalgi u gornjem infralitoralju. Njeni glavni nedostaci su opasnost subjektivnosti u sistematici i nedovoljno razvijene referentne vrijednosti za različite geomorfološke relevantne situacije pomoću kojih uspoređujemo izmjereno stanje. Njezine prednosti su mogućnost analize veće obalne linije u kraćem vremenskom intervalu, te dobivanje brzih rezultata za nisku cijenu. Za primjenu CARLIT metode nisu potrebni specijalisti za determinaciju dominantnih rodova makroalgi i određivanje geomorfoloških osobina obale, stoga je pogodna za korištenje od strana lokalnih jedinica samouprave (Ballesteros i sur., 2007). S obzirom da metoda nije destruktivna i nema negativan utjecaj na ekosustav, ona omogućuje učestali i ponovljiv rad dok, se primjerice za EEI metodu zajednice makroalgi moraju obnoviti do svakog sljedećeg uzorkovanja. U ovom radu CARLIT metoda pokazala se dobrim alatom za monitoring ekološkog stanja u opatijskom priobalju, pri čemu uz određivanje geomorfologije obale i prisustva zajednica makroalgi je dobiven i detaljan uvid u antropogene perturbacije na istraženom području.

5 ZAKLJUČAK

Provedenim istraživanjem izvršena je procjena ekološkog stanja priobalja Opatije pomoću metode CARLIT.

Cjelokupno područje rada je podijeljeno na pet postaja od kojih Volosko, Opatija-Zapad, Opatija-Centar i Ičići pokazuju lošu, dok Opatija-Istok pokazuje umjerenu ekološku kvalitetu morske vode.

Utvrđeno je da lokalizirani antropogeni utjecaji i dotoci slatke vode, kao i umjetna obala izgrađena od obalnih zidova i kamenih blokova, imaju značajan utjecaj na ekološku kvalitetu mora na području Opatije.

CARLIT metoda pokazala se preciznim alatom za utvrđivanje dominantnih vrsta makroalgi. U istraživanom području dominirale su zelene alge rodova *Ulva* i *Cladophora* (sa i bez školjkaša *Mytilus galloprovincialis*) na umjetnoj i prirodnoj obali, te naselja crvene vapnene alge *Corallina officinalis* i fotofilnih algi na prirodnoj obali horizontalnog i subvertiklanog nagiba. Naselja cistozira u istraživanom području nisu zabilježena.

U ovom radu niže vrijednosti EQR se odnose isključivo na priobalje Opatije. Visoka vrijednost EQR 0,99 utvrđena je za Riječki zaljev tijekom proljeća 2017. godine, a razlog tome je mapiranje obale na široj prostornoj skali koja je obuhvaća područja udaljena od urbanih i industrijskih centara.

Potrebno je uzeti u obzir i druge metode u kojima se makroalge koriste kao bioindikatori u određivanju ekološke kvalitete morske vode te provesti dodatna istraživanja koja bi podrazumijevala usporedbu vrijednosti EQR dobivenih pomoću nekoliko metoda zbog same kompleksnosti morskih ekosustava.

6 LITERATURA

Antolić, B., Nikolić, V., Žuljević, A. (2011). Crveni popis morskih algi i morskih cvjetnica Hrvatske. Laboratorij za bentos, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Asnaghi, V., Chiantore, M., Bertolotto, R. M., Parravicini, V., Cattaneo- Vietti, R., Gaino, F., Mangialajo, L. (2009). Implementation of the European Water Framework Directive: Natural variability associated with the CARLIT method on the rocky shores of the Ligurian Sea (Italy). *Marine Ecology*, 30(4), 505-513.

Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., Garcia, M., Mangialajo, L., De Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 172-180.

Benac, Č., Rubinić, J., Ožanić, N. (2003). The origine and evolution of coastal and submarine springs in Bakar Bay. *Acta Carsologica*, 32(1).

Bermejo, R., Vergara, J. J., Hernández, I. (2012). Application and reassessment of the reduced species list index for macroalgae to assess the ecological status under the Water Framework Directive in the Atlantic coast of Southern Spain. *Ecological Indicators*, 12(1), 46-57.

Blanfuné, A., Thibaut, T., Boudouresque, C. F., Mačić, V., Markovic, L., Palomba, L., Boissery, P. (2017). The CARLIT method for the assessment of the ecological quality of European Mediterranean waters: Relevance, robustness and possible improvements. *Ecological Indicators*, 72, 249-259.

Borja, A., Belzunce, M., Garmendia, J., Rodriguez, J. G., Solaun, O., Zorita, I. (2011). Impact of Pollutants on Coastal and Benthic Marine Communities. U: Ecological Impacts of Toxic Chemicals. Sánchez-Bayo, F., van den Brink, PJ, Mann, RM (Eds.). Bentham Science

Publishers Ltd, 165-186.

Díez, I., Bustamante, M., Santolaria, A., Tajadura, J., Muguerza, N., Borja, A., Gorostiaga, J. M. (2012). Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coasts. *Ecological Indicators*, 12(1), 58-71.

EC (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, Legislative Acts and other instruments, ENV221 CODEC 513, European Union.

Ercegović, A. (1952). Jadranske cistozire: njihova morfologija, ekologija i razvitak. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Patarčić, M. (2003). Digitalna godišnja oborinska karta Hrvatske. *Hrvatski meteorološki časopis*, 38(38), 21-33.

Gall, E. A., & Le Duff, M. (2014). Development of a quality index to evaluate the structure of macroalgal communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 139, 99-109.

Gall, E. A., Le Duff, M., Sauriau, P. G., De Casamajor, M. N., Gevaert, F., Poisson, E., Bréret, M. (2016). Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directory. *Ecological Indicators*, 60, 162-173.

Guinda, X., Juanes, J. A., Puente, A. (2014). The Quality of Rocky Bottoms index (CFR): A validated method for the assessment of macroalgae according to the European Water Framework Directive. *Marine Environmental Research*, 102, 3-10.

Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliott, M., Feld, C. K., Solheim, A. L. (2010). The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total*

Environment, 408(19), 4007-4019.

Iveša, L., Lyons, D. M., Devescovi, M. (2009). Assessment of the ecological status of northeastern Adriatic coastal waters (Istria, Croatia) using macroalgal assemblages for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19(1), 14-23.

Iveša L., Djakovac T., Devescovi M. (2016). Long-term fluctuation in *Cystoseira* population along the west Istrian Coast (Croatia) related to eutrophication patterns in the northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 106, 162-173.

Kušpilić, G., Precali R. (2018). Sustavno ispitivanje kakvoće prijelaznih i priobalnih voda u 2017. i 2018. godini. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Mangialajo, L., Ruggieri, N., Asnaghi, V., Chiantore, M., Povero, P., & Cattaneo-Vietti, R. (2007). Ecological status in the Ligurian Sea: the effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 30-41.

Neto, J. M., Gaspar, R., Pereira, L., Marques, J. C. (2012). Marine Macroalgae Assessment Tool (MarMAT) for intertidal rocky shores. Quality assessment under the scope of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 19, 39-47.

Nikolić, V., Žuljević, A., Mangialajo, L., Antolić, B., Kušpilić, G., Ballesteros, E. (2013). Cartography of littoral rocky-shore communities (CARLIT) as a tool for ecological quality assessment of coastal waters in the Eastern Adriatic Sea. *Ecological indicators*, 34, 87-93.

Orellana, S., Hernández, M., Sansón, M. (2019). Diversity of *Cystoseira sensu lato* (Fucales, Phaeophyceae) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend. *European Journal of Phycology*. 54(3), 447-465.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Stamatis, N. (2003). An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators*, 3(1), 27-33.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Stamatis, N. (2001). Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science*, 2(2), 45-66.

Panayotidis, P., Montesanto, B., & Orfanidis, S. (2004). Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology*, 16(1), 49.

Precali, R., Iveša, Lj., Bihari, N., Travizi, A., Vrgoč, N., Dulčić, J., Peharda Uljević, M., Čikeš Keč, V., Isajlović, I., Deagičević, B., Ezgeta Balić, D., Zorica, B. (2013). Analiza deskriptora prema Uredbi o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša, Prilog I (NN 136/11) za Istarsku Županiju (ADPU-IŽ), Institut "R. Bošković", Centar za istraživanje mora, Rovinj, 114 str.

Sfriso, A., Facca, C., & Ghetti, P. F. (2009). Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. *Hydrobiologia*, 617(1), 117-141.

Sfriso, A., Facca, C. (2011). Macrophytes in the anthropic constructions of the Venice littorals and their ecological assessment by an integration of the "CARLIT" index. *Ecological Indicators*, 11(3), 772-781.

Thibaut, T., Mannoni, P. A., (2008). La méthode CARLIT à Malte. Bulletin d'informations de l'initiative pour les Petites Iles de Méditerranée : PIM. N°7 p10.

Viličić, D. (2014). Specific oceanological characteristics of the Croatian part of the Adriatic Sea. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo*, 90, 297-314.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij

Znanost o moru

**Procjena ekološkog stanja priobalnih voda na području Opatije pomoću metode
CARLIT**

Andrej Fućak
Giuseppe Verdi 4, Opatija

7 Temeljna dokumentacijska kartica

SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI

SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ - ZNANOST O MORU

Procjena ekološkog stanja priobalnih voda na području Opatije pomoću metode CARLIT

Sažetak

Kartiranje litoralnih zajednica stjenovite obale (*cartography of littoral rocky–shore communities*, CARLIT) je metoda regulirana Okvirnom direktivom o vodama na razini Europske Unije kojom se vrši procjena ekološke kvalitete priobalne morske vode. Temelji se na vizualnom opažanju i kartiranju geomorfoloških osobina obale, te dominantnih vrsta makroalgi koje služe kao bioindikator i tj. biološki elementi kvalitete. Istraživanje je započeto u svibnju 2020., te je provedeno u priobalju Grada Opatije koje je podijeljeno u pet postaja. Uz određivanje ekološke kvalitete morske vode opatijskog priobalja ciljevi ovog istraživanja bili su metodološka provjera CARLIT metode te usporedba dobivenih rezultata sa sličnim istraživanjima na području Istre i Kvarnera. Istraživanje je pokazalo lošu ekološku kvalitetu morske vode na postajama Volosko, Opatija-Istok, Opatija-Centar i Ičići, dok je postaja Opatija-Zapad bila umjerene ekološke kvalitete. Dobiveni rezultati EQR vrijednosti u ovom radu su se znatno razlikovali od vrijednosti EQR za Riječki zaljev 2017. godine prvenstveno zbog razlike u dužini istraživane priobalnog pojasa. CARLIT metoda pokazala se pouzdanim alatom za procjenu ekološkog stanja morske vode zbog jednostavnosti provedbe i preciznosti pri utvrđivanju dominantnih zajednica te lokaliziranih antropogenih utjecaja na područje.

Ključne riječi: ekološko stanje, CARLIT metoda, geomorfologija obale, makroalge, Riječki zaljev

8 Basic documentation card

JURAJ DOBRILA UNIVERSITY OF PULA

UNIVERSITY UNDERGRADUATED STUDY PROGRAMME - MARINE SCIENCE

Assessment of the ecological status of coastal waters in the area of Opatija using the CARLIT method

Abstract

Cartography of littoral rocky-shore communities (CARLIT) is a European Union Water Framework Directive - compliant monitoring method which assesses ecological quality of coastal sea waters. It is based on visual observation and mapping of geomorphological features of the coast and dominant species of macroalgae that serve as bioindicators (Biological quality elements). The research began in May 2020 and was conducted along the coastal waters of the town of Opatija, which was then divided into five monitoring stations. In addition, with the assessment of the ecological quality of seawater, the objectives of this study were a methodological review of the CARLIT method and a comparison with the results of similar studies in Istria and Kvarner Bay. The research showed poor ecological quality of seawater at the stations Volosko, Opatija-Istok, Opatija-Centar and Ičići, while the station Opatija-Zapad was of moderate quality. The obtained results of EQR values in this study differed significantly from the ones previously carried out in the same area in 2017. due to differences in the length of the researched coastline. The CARLIT method has proven to be a reliable tool for assessing the ecological status of marine waters due to its simplicity and precision in determining the dominant communities and localized anthropogenic impacts on the area.

Key words: ecological state, CARLIT method, coastal geomorphology, macroalgae, Rijeka Bay