

Raznolikost bentoske zajednice na strmcu otoka Lastova

Marić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:816983>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Marko Marić

**Raznolikost bentoske zajednice na strmcu
otoka Lastova**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Marko Marić

**Benthic community diversity on the slope of
the island of Lastovo**

Master thesis

Zagreb, 2022.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za biološku oceanografiju na Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod voditeljstvom izv. prof. dr. sc. Zrinke Ljubešić. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Znanosti o okolišu.

Zahvale

Prije uvoda u svoj istraživački rad zahvalio bih svojoj mentorici izv.prof.dr.sc. Zrinki Ljubešić koja mi je ustupila jako zanimljivu temu na kojoj će se sigurno raditi još dosta istraživanja.

*Sretan sam što mogu biti dio projekta u kojem se radi nešto novo na području našeg
Jadranskog mora.*

*Zahvalio bih se i svojim pomagačima u izradi diplomskog rada, mag. oecol. et prot. nat.
Barbari Čolić i dipl.ing.biol. Hrvoju Čižmeku na ustupljenom vremenu i trudu da me inspiriraju
tijekom izrade samog rada.*

*Na kraju krajeva, zahvalio bih i svojoj obitelji posebice roditeljima koji su me podržavali
tijekom cijelog studija i bez kojih sigurno ne bih tako lako došao do dosadašnjeg stupnja
obrazovanja.*

*Ovaj rad u potpunosti je financiran od Hrvatske zaklade za znanost s projekta ISLAND IP-
2020-02-9524 „Utjecaj valova vezanih uz otok na primarnu produkciju“*

P.S.

*Zahvalio bih i sebi jer nikada nisam odustajao bez obzira na teške trenutke, uvijek je bila
misao postignuća akademskog obrazovanja kao nešto što ću uz svoj trud i vjeru u sebe
sigurno postići.*

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Raznolikost bentoske zajednice na strmcu otoka Lastovo

Marko Marić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Analizirana je zajednica makrobentosa na strmcima pod Strugom na južnoj strani otoka Lastova. Park prirode Lastovsko otočje je osim po bogatstvu bioraznolikosti, posebno i po fenomenu ITW valova (engl. *island-trapped waves*) odnosno valova vezanih uz otok koji pokreću dnevne promjene dubine termokline. Za potrebe projekta HRZZ- IP-2020-02-9524 „Utjecaj valova vezanih uz otok na primarnu produkciju“ ronici su snimili fotografije, uz pomoć fotografskih kvadrata (50x50cm), potrebne za određivanje sastava bentosa. Fotografije su obrađene upotrebom računalnog softvera PhotoQuad. Određene su 32 vrste bentoskih organizama od čega 10 vrsta spužvi, 10 vrsta algi, 5 vrsta mahovnjaka, 2 vrste koralja, 2 vrste zvjezdača, 2 vrste mnogočestinaša i 1 vrsta obrubnjaka. Na dubini gdje nije zabilježena oscilacija u temperaturi zamijećena je veća raznolikost, nego na plićim dijelovima koje su bile pod utjecajem temperaturnih anomalija, ukazujući da fenomen ITW valova utječe na bentos Lastova.

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

(45 stranica, 28 slika, 39 literaturnih navoda, 5 tablica, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: makrobentos, Jadransko more, otok Lastovo, valovi zarobljeni uz otok

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Zrinka Ljubešić

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Zrinka Ljubešić

prof. dr. sc. Danijel Orešić

doc. dr. sc. Kristina Pikelj

prof. dr. sc. Davor Zanella

Rad prihvaćen: 13.1.2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master Thesis

Benthic community diversity on the slope of the island of Lastovo

Marko Marić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The community of macrobenthos on the slopes below Struga on the south side of the island of Lastovo was analyzed. The Nature Park Lastovo archipelago is specific not only for the richness of biodiversity, but also for the phenomenon of ITW waves (island-trapped waves), waves trapped along the island that trigger daily changes in the depth of the thermocline. For the needs of the project HRZZ-IP-2020-02-9524 "Impact of island-related waves on primary production" divers took photographs, with the help of photo-quadrats (50x50cm), needed to determine the composition of benthos. The photographs were processed using the computer software PhotoQuad. 32 species of benthic organisms were identified from which 10 species of sponges, 10 species of algae, 5 species of bryozoans, 2 species of coral, 2 species of starfish, 2 species of polychaetes and 1 species of hydrozoans. At the depth where temperature oscillation wasn't recorded greater biodiversity was observed than at the shallower parts affected by anomalies indicating that the ITW phenomenon affects the benthos of Lastovo.

Thesis is deposited in Central Biological Library.

(45 pages, 28 figures, 39 references, 5 tables, original in: Croatian)

Keywords: macrobenthos, Adriatic Sea, island of Lastovo, island-trapped waves

Supervisor: dr. sc. Zrinka Ljubešić, assoc. prof.

Reviewers: dr. sc. Zrinka Ljubešić, assoc. prof.

dr.sc. Danijel Orešić, full. prof.

dr.sc. Kritina Pikelj, asst. prof.

dr.sc. Davor Zanella, full. prof.

Thesis accepted: 13.1.2022.

Sadržaj:

1.Uvod	1
1.1. Bentos.....	1
1.2. Bentoski okoliš.....	2
1.3. Jadransko more.....	4
1.4. Park prirode Lastovsko otočje.....	7
1.5. Fenomen valova vezanih uz otok.....	8
1.6.Pregled dosadašnjih istraživanja bentosa Jadranskog mora.....	11
1.7. Pregled dosadašnjih istraživanja bentosa Lastova.....	12
1.8. Cilj istraživanja.....	13
2.Područje istraživanja	13
2.1 Arhipelag Lastovsko otočje.....	13
2.2 Lokalitet Struga.....	14
3.Materijali i metode	15
3.1. Prikupljanje podataka.....	15
3.2. Obrada podataka.....	19
3.2.1. Determiniranje vrsta korištenjem literature za determinaciju.....	19
3.2.2. Obrada podataka u računalnom programu PhotoQuad.....	19
3.2.2./1. Osnovne informacije načina funkcioniranja programa PhotoQuad.....	20
3.2.2./2. Postupak obrade dobivenih fotografija PhotoQuad-om.....	20
4.Rezultati	23
5.Rasprava	36
6.Zaključak	40
7.Literatura	41
8.Životopis	45

1.UVOD

1.1. Bentos

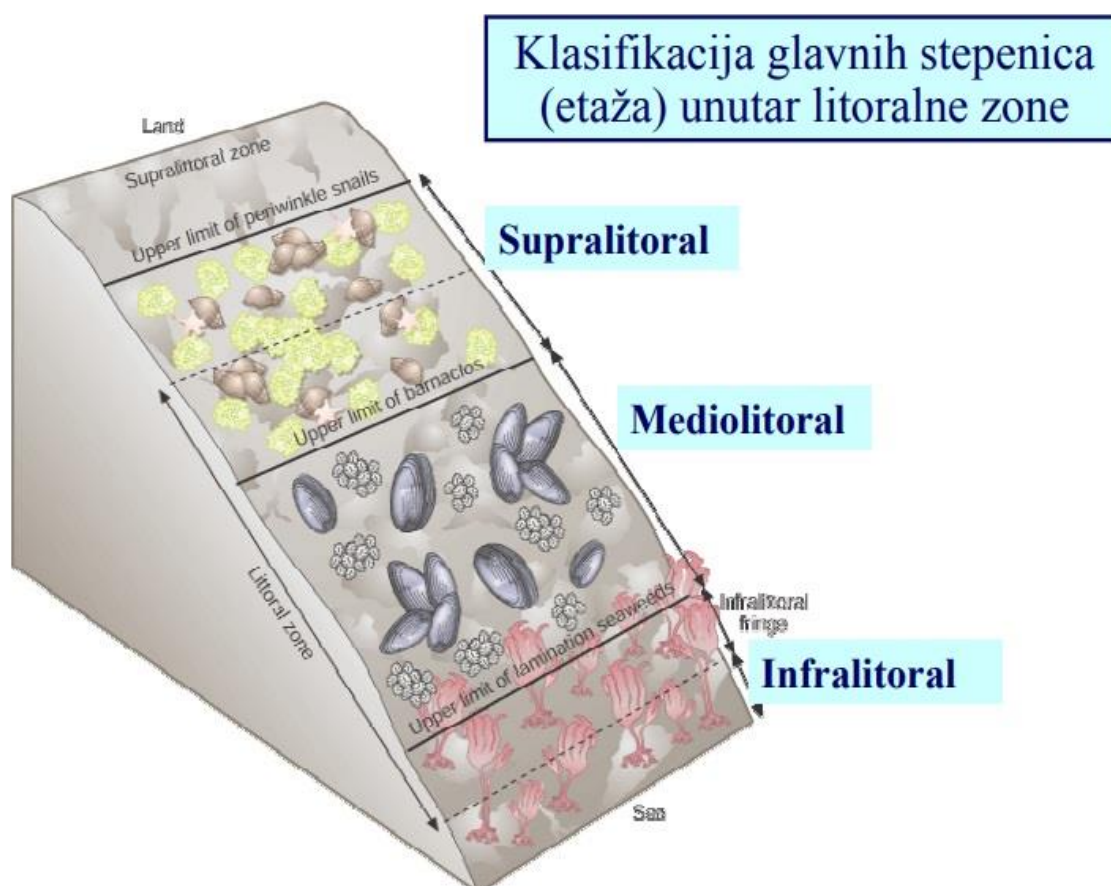
Bentos je skup organizama koji žive na morskom dnu ili na dnu kopnenih voda. S obzirom na način na koji žive na dnu mora dijele se na: endobentos (žive u sedimentu), vagilni bentos (kreću se po dnu), fiksosésilni (pričvršćeni za dno) i sesilni (sjededeći). Po veličini organizama koji nastanjuju bentos razlikujemo: makrobentos (veličine veće od 1 mm), meiobentos (veličine između 0,1 i 1 mm) i mikrobentos (veličine manje od 0,1 mm). U makrobentosu prevladavaju mnogočetinaši, bodljikaši, školjkaši, koralji, rakovi, veslonošci, ljuskari te mješćićnice. Meiobentos čine mnogočetinaši, školjkaši, veslonošci, obličići, ljuskari, virnjaci te foraminifere. Mikrobentos uključuje bakterije, dijatomeje, trepetljikaše, amebe i bičćaše koji spadaju u tzv. perifiton. Perifiton predstavlja zajednicu bentoskih organizama koji ne prodiru u dno, dok aperifiton zajednicu bentoskih organizama koji prodiru u dno. Postoji nekoliko tipova perifitona s obzirom na prirodnu podlogu: epifiton (na vodenom bilju), epizoon (na životinjama), epipelon (na muljevitim sedimentima), epiliton (na stjenovitim podlogama), epipsamon (na pjeskovitim podlogama) i epiksilon (na drvenim podlogama).

U ovom diplomskom radu predmet istraživanja je makrobentos. Makrobentos čine makrozoobentos koji uključuje životinje i makrofitobentos koji uključuje fotosintetske organizme, alge i morske cvjetnice. Raznolikost i brojnost vrsta bentoske zajednice određeni su biotićkim i abiotićkim čimbenicima. Biotićki čimbenici su interakcije među organizmima (predatorstvo, mutualizam, kompeticija itd.), a abiotićki čimbenici temperatura, svjetlo, kisik, tlak, hranjive soli, valovi, morske struje, pH itd. (Šolić 2015).

Glavni izvori hrane za bentos su plankton i organska tvar. Morsko dno prema fizikalnim karakteristikama supstrata i staništa dijeli se na meki supstrat, čvrsti supstrat i biogeni supstrat. Mekšim dnom dominiraju organizmi koji se hrane naslagama detritusa, od kojih su mnogočetinaši najvažniji. Tvrdi i pjeskoviti podlogu naseljavaju organizmi koji se hrane filtracijom poput spužvi i školjkaša. U plitkoj vodi važne su veće alge, a tamo gdje svjetlost dopire do dna bentoske fotosintetske dijatomeje. Zvezdače, puževi, glavonošći i veći rakovi važni su grabežljivci i čistaći. Bentoske zajednice odličan su pokazatelj stanja okoliša. Promjena sastava funkcionalnih grupa bentosa ukazuje na promjene uzrokovane prirodnim i/ili antropogenim čimbenicima (Krstulović 2014).

1.2. Bentoski okoliš

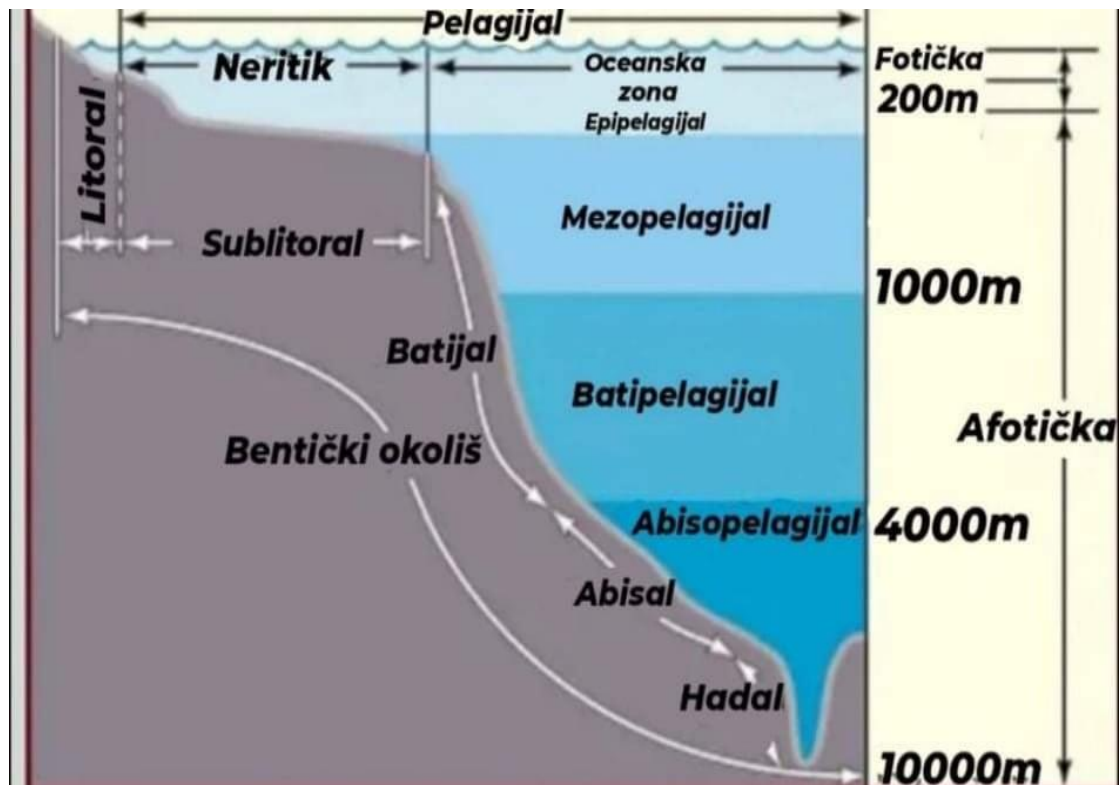
Bentoski okoliš dijelimo na temelju dubine, vertikalnih gradijenata fizičkih parametara i topografije morskog dna na stepenice tj. etaže. Podjela na stepenice tj. etaže grupirana je unutar dva sustava: litoralni (obalni) sustav ili fital te dubinski (profundalni) sustav ili afital. Unutar fitala razlikujemo: supralitoralnu stepenicu (zonu prskanja mora), mediolitoralnu stepenicu (zonu plime i oseke), infralitoralnu te cirkalitoralnu stepenicu (Slika 1). Fital karakterizira prisutnost svjetlosti.



Slika 1. Klasifikacija glavnih stepenica (etaža) unutar litoralne zone (Izvor: Šolić 2015.)

U supralitoralalu organizmi zahtijevaju stalnu emerziju (izronjavanje). Pravo vlaženje morskom vodom događa se iznimno u slučaju visoke plime. Unutar mediolitorala nalazimo organizme koji podnose stalnu ili traže djelomičnu emerziju, a ne podnose imerziju (uranjanje). Infralitoral predstavlja gornju granicu livade morskih cvjetnica i fotofilnih algi te iznosi otprilike 15-20 m dubine u Mediteranu. Cirkalitoral se nalazi od donje granice fotofilnih algi i cvjetnica do krajnje dubine s vegetacijom scijafilnih algi.

Afital se sastoji od batijalne, abisalne i hadalne stepenice (Slika 2). Karakterizira ga odsutnost svjetlosti i visoki tlak. Batijal je na kontinentalnoj padini do 3000 m. U abisalu su velike ravnice slabog nagiba na oko 6000-7000 m dubine. Hadal je dno dubokomorskih jaraka do 11 000 m.



Slika 2. Vertikalna i horizontalna struktura bentosa

(Preuzeto i prilagođeno prema: www.britannica.com)

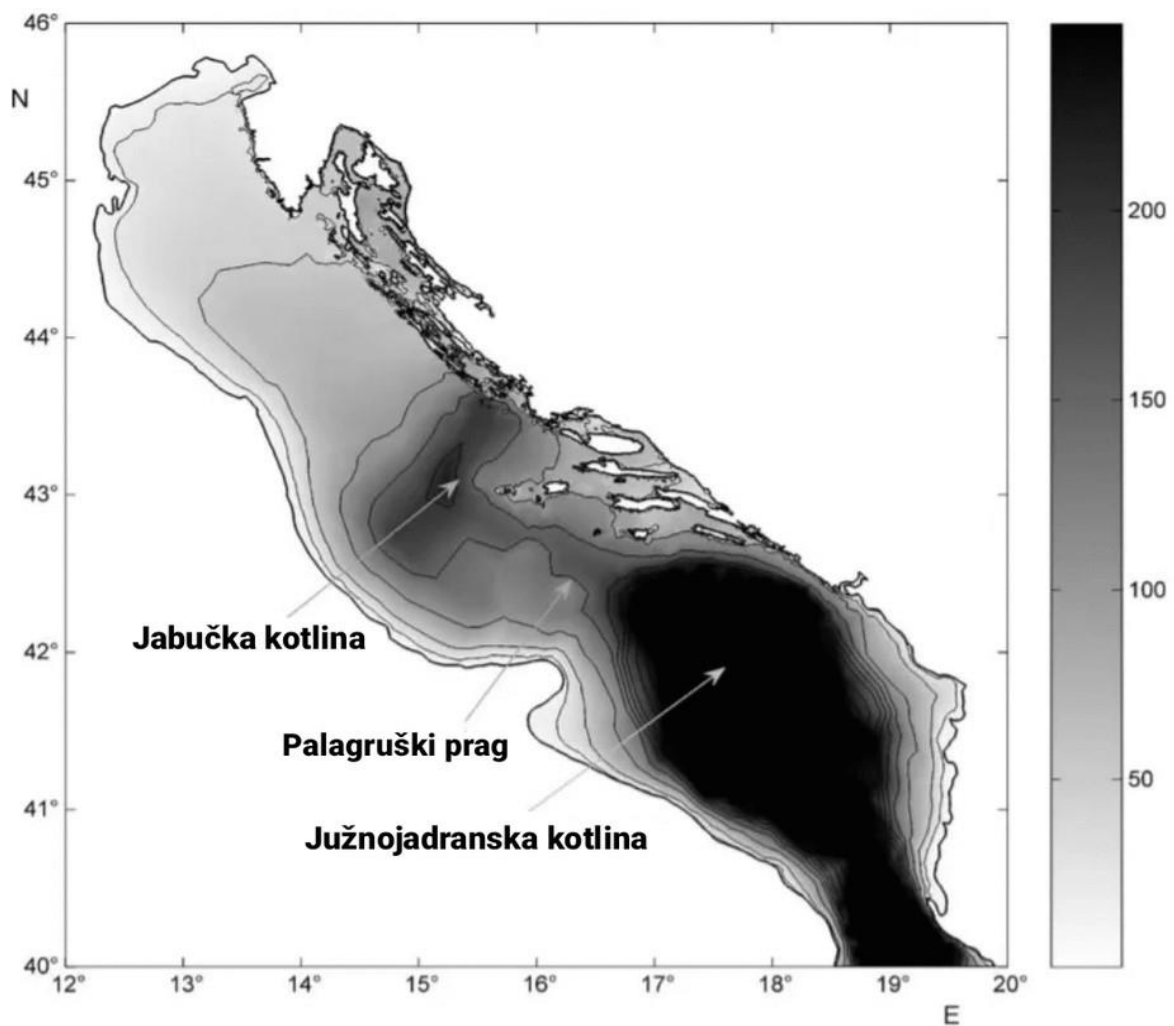
1.3. Jadransko more

Jadransko more površinom od 138 600 km² predstavlja najveći zaljev Sredozemnog mora (5,6 %). Otrantski tjesnac nalazi se na ulazu u Jadransko more, odvaja Jadransko more od ostatka Sredozemlja te predstavlja najuži dio širine 75 km. Jadransko more dugo je od 770 do 796 km prema unutrašnjosti, a široko od 93 do 248 km. Prisutno je više od 1300 otoka Jadrana, uglavnom uz istočnu obalu (Zonn 2021.) Oko 74 % morskog područja je dubine do 200 m, zbog čega Jadransko more pripada plitkim morima. Dubina mora povećava se iz smjera sjeverozapada prema jugoistoku te otprilike iznosi od 20 do 50 m u sjeverozapadnom dijelu, sve do 1233 m na jugoistočnom dijelu, s prosječnom dubinom od 252 m (Buljan i Zore-Armanda 1976). Geomorfološki Jadransko more dijeli se na 3 dijela: sjeverni, srednji i južni dio (Pérès i Gamulin Brida 1973) (Slika 3).



Slika 3. Podjela Jadranskog mora na sjeverni (S), srednji (SR) i južni (J) (Izvor: Službena stranica DHMZ-a: https://meteo.hr/prognoze.php?section=prognoze_specp¶m=jadran)

Sjeverni dio s dubinom do 50 m odijeljen je linijom Jablanac – Ankona od srednjeg dijela Jadrana, srednji dio obuhvaća Jabučku kotlinu gdje je najveća dubina 273 m, dok je južni dio omeđen Otrantskim vratima na jugu te Palagruškim pragom na sjeveru i uključuje Južnojadransku kotlinu (Slika 4). Južnojadranska kotlina jednakomjeran je bazen s karakterističnim strmim obalama i naglim spuštanjem dna prema istoku te sadrži najveću izmjerenu dubinu Jadrana – 1233 m (Prvan i sur. 2016).



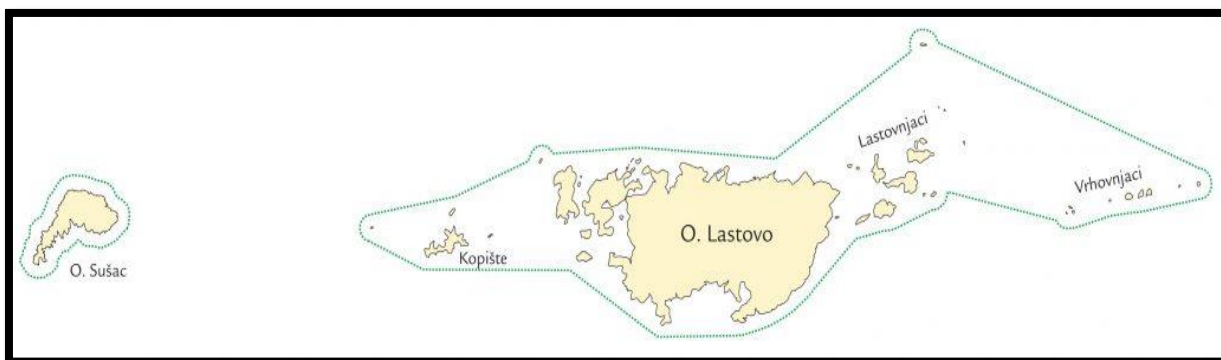
Slika 4. Jabučka kotlina u srednjem dijelu Jadrana razdvojena Palagruškim pragom od južnog dijela Jadrana (Preuzeto i prilagođeno prema: Janeković i sur. 2006.)

Područje Jadrana karakterizira izražena sezonska varijabilnost meteoroloških prilika. Za vrijeme hladnijeg dijela godine puše bura (sjeveroistočni hladan i suh vjetar niz padinu) i jugo (topli i vlažni vjetar koji puše iz smjera jugoistoka). Topliji dio godine karakteriziraju slabi vjetrovi, uglavnom sa sjeverozapada, s rijetkim varijacijama na obalnom području. Što se tiče sezonskih promjena temperatura, godišnji raspon površinskih temperatura je oko 18 °C u plitkom sjevernom dijelu i 13 °C na južnom dijelu Jadrana (Mihanović i sur. 2014).

Jadransko more umjereno je toplo čemu nam svjedoči činjenica kako su najdublji slojevi gotovo uvijek iznad 10 °C (Cushman-Roisin B. i sur. 2001). Iznimku predstavlja dio sjevernog dijela Jadrana koji pod utjecajem ledenih alpskih masa može imati pridnenu temperaturu od 6 °C do 8 °C (Pérès i Gamulin Brida 1973). Sezonske promjene saliniteta izraženije su na sjeveru zbog otjecanja rijeke Po. Za južni dio nema većih sezonskih odstupanja te se vrijednosti kreću između 37,9 i 38,9. U iznimnom slučaju rasprostiranjem vode nižeg saliniteta putem zapadnojadranske struje ta vrijednost može se promijeniti i na sjeverozapadnom dijelu Južnojadranske kotline (Mihanović i sur. 2014). Salinitet je viši na jugu i opada prema sjeveru, a na površini iznosi prosječno 38,3 zbog čega Jadransko more pripada morima s visokim salinitetom (Prvan i sur. 2016). Najizraženija morska struja je gradijentska koja nastaje zbog razlika u temperaturi, gustoći i salinitetu Jadranskog i Sredozemnog mora. Površinske struje sezonalnog su karaktera. Ljeti je jače istjecanje vode izlaznom strujom iz Jadrana zapadnom obalom, a zimi utjecanje uzlaznom strujom iz Mediterana u Jadran istočnom obalom. Sjeverni i južni Jadran dijeli se u 2 dinamičke cjeline odijeljene Palagruškim pragom. Na Palagruškom pragu prisutan je tok koji uzrokuje divergenciju i upwelling (izronjavanje) u proljeće i ljeto te konvergenciju (poniranje) u jesen i zimu. Površinske struje povezane su sa strujama dubljih slojeva. Dinamička povezanost Jadranskog mora utječe na ekološke prilike i značajna je za prijenos organizama, njihovih gonada i time stvaranja jedinstvenosti faune i flore (Pérès i Gamulin Brida 1973). Jadransko more pripada prozirnijim morima. Prozirnost mora smanjuje se od pučine prema obalnom području te od južnog prema sjevernom dijelu Jadrana (Pérès i Gamulin Brida 1973).

1.4. Park prirode Lastovsko otočje

Svjetska organizacija za zaštitu prirode (WWF) proglasila je 2003.g. Lastovsko otočje područjem od posebne važnosti za očuvanje sveukupne bioraznolikosti Mediterana, a toj tituli uvelike pridonosi i raznovrsnost morskih staništa i svojti. Hrvatski sabor je u rujnu 2006. proglasio arhipelag Lastovskog otočja Parkom prirode. Park zajedno sa zaštićenim morskim pojasom iznosi ukupno 195 km² (52 km² kopnene i 143 km² morske površine). Osim najvećeg otoka Lastova sastavni dio Parka prirode čini i otok Sušac te još 42 manjih otoka (Slika 5).



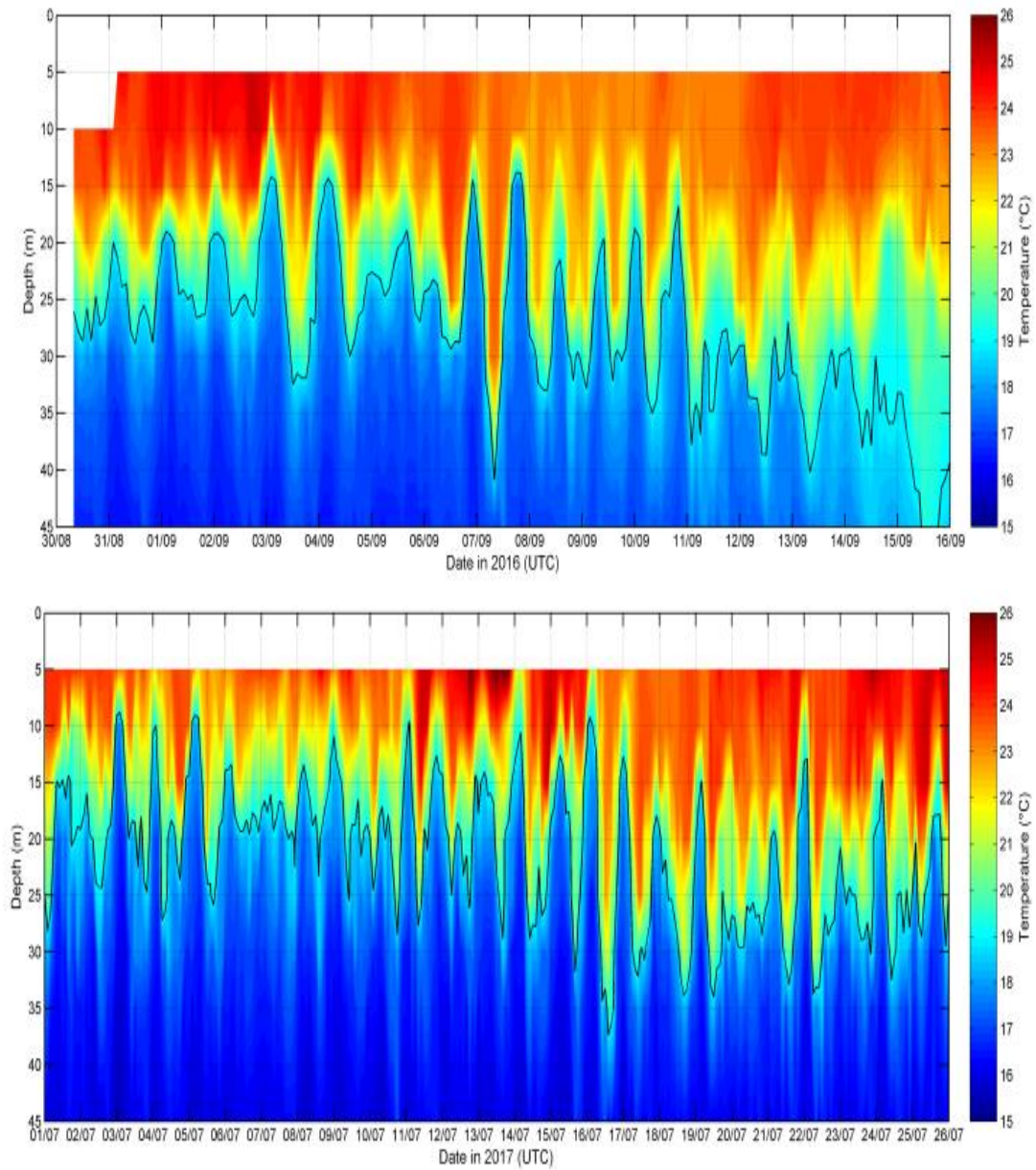
Slika 5. Park prirode Lastovsko otočje (Izvor: Službena web-stranica Parka Prirode Lastovsko otočje: <http://pp-lastovo.hr>)

Naglasak je i na krajobraznoj vrijednosti, gustim šumama i plodnim poljima obogaćenim lokvama, zatim visokim obalnim strmcima, kopnenim i podvodnim špiljama te brojnim rijetkim morskim i kopnenim vrstama i staništima. Prisutno je i mnoštvo endemičnih vrsta biljaka te rijetkih vrsta ptica. No, prije svega, glavni razlog proglašenja Lastovskog arhipelaga Parkom prirode je bogatstvo podmorja (70 % površine). Prisutnost velikog broja vrsta morske flore (248) svjedoči o bogatstvu podmorja te u usporedbi s brojem vrsta morske flore na cijelom i srednjom i južnom Jadranu zauzima ravnopravan položaj bez obzira na manju veličinu staništa. Sezonski dotok hranjivih tvari iz dubokog Jadrana omogućuje bujanje morskog života. Na plitkom priobalnom dnu nalaze se ugrožene i zaštićene livade morske cvjetnice posidonije (*Posidonia oceanica*), dok su dublja kamenita dna većinski pokrivena fotofilnim algama. Korali genska zajednica te zajednica livada posidonije pružaju utočište različitim vrstama te zauzimaju veliku ulogu u ekosustavu – stabiliziraju morsku podlogu, proizvode kisik, mjesta su za mrijest riba itd.

1.5. Fenomen valova vezanih uz otok

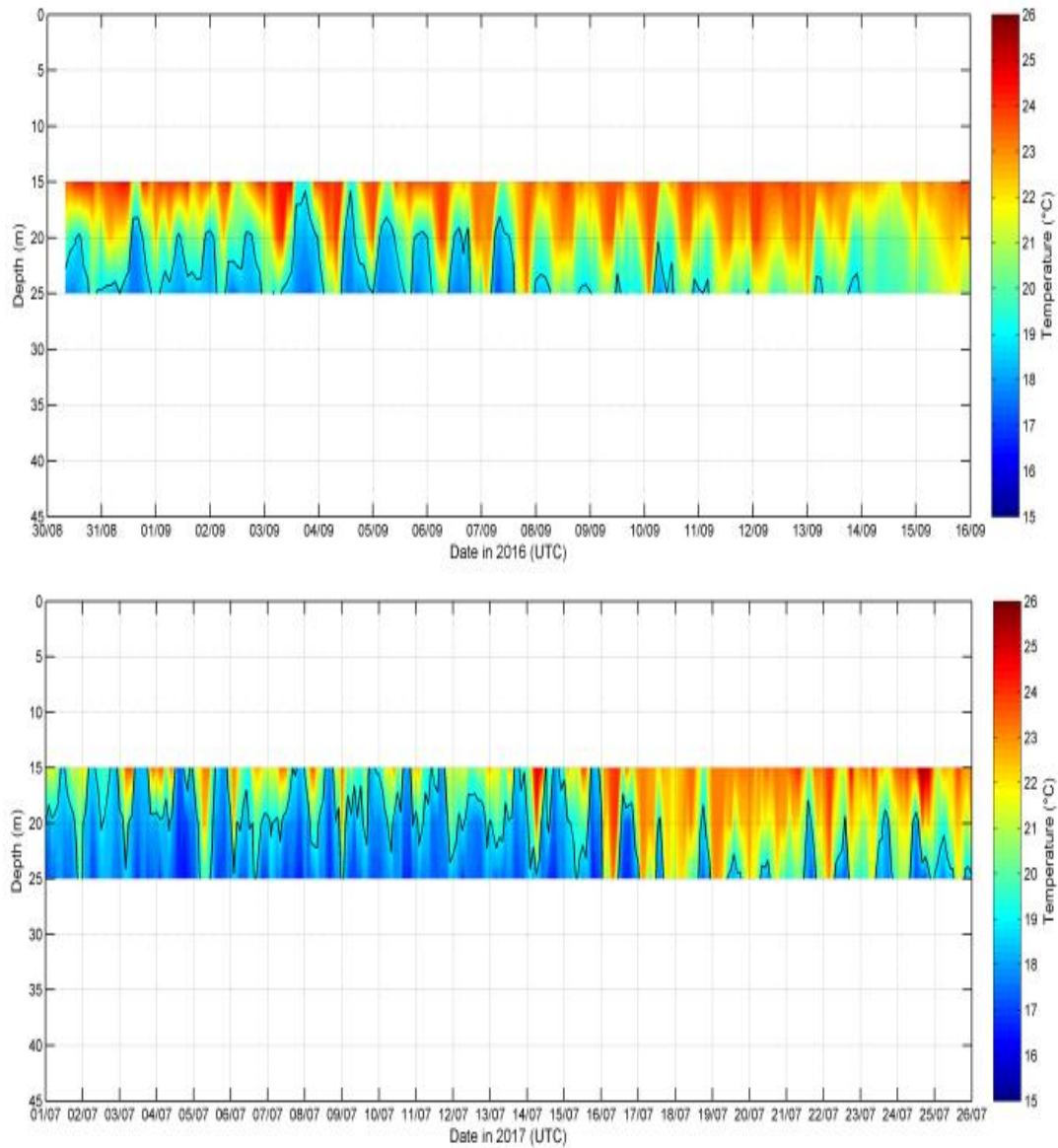
Na Lastovu je uočen fenomen valova vezanih uz otok (engl. *ITW - island-trapped waves*) za koje se pretpostavlja kako mijenjanju uvjete života zajednice morskog bentosa. ITW su poseban tip valova vezanih uz obalu (engl. *coastal-trapped waves CTWs*) (Hogg, 1980), dobro poznat i značajan oceanografski fenomen gdje Zemljina rotacija uzrokuje zarobljavanje površinskih i unutarnjih valova uz obalu, što rezultira širenjem valova uz šelf (npr., Reid, 1958, Huthnance, 1978). Obalno zarobljavanje (engl. *trapping*) korišteno je za objašnjenje dinamike ponašanja valova oko otoka na globalnoj razini. Dosadašnja istraživanja o ITW valovima odvijala su se na dubokom obalnom području oceanskih otoka poput Havaja i Bermuda, dok su iste pojave tek nedavno otkrivene na plićim dubinama u Jadranskom moru (Smith i sur., 2017, Hogg, 1980, Brink, 1999, Luther, 1985, Merrifield i sur., 2002, Mihanović i sur., 2009, 2014; Orlić i sur., 2011). Promjene termokline na otoku Lastovu pokrenute su dnevnim plimama i osekaama dnevnog vjetra (maestrala). U eksperimentima provedenim tijekom 2001. i 2006. godine postavljeni su senzori na različite dubine te se mjerenje odvijalo u različitim vremenskim intervalima. Tri termistora (senzora za dugoročno mjerenje temperatura) korištena su na Lastovu 2001. (Novosel i sur., 2004; Mihanović i sur., 2006), a 2006. deset termistora postavljenih između 4 i 40 m dubine (Mihanović i sur., 2009; Orlić i sur., 2011) na tri vanjska srednjojadranska otoka (Biševo, Sušac i Lastovo). Najizraženije promjene termoklina zabilježene na Lastovu bile su povezane s dnevnim vjetrovima, dok je barotropni plimni tok proizveo manje intenzivne, ali dugotrajnije ITW valove (Mihanović i sur., 2009; Orlić i sur., 2011). Najizrazitije vertikalno kretanje termokline zabilježeno je u srpnju 2006., s dnevnim pomicanjem termokline do 30 m (Mihanović i sur. 2009). Dodatna istraživanja provedena su tijekom 2016./2017. godine. Više senzora za temperaturu postavljeno je na osam ekvidistantnih dubina između 5 i 45 metara na suprotne strane otoka, na strmce na sjeveru otočja (otočić Maslovnjak) (slika 6) i jugu otoka (rt Struga) (Slika 7). Tijekom stratificiranog razdoblja između rujna 2016. i srpnja 2017., zabilježeni su značajni dnevni unutarnji valovi. Temperaturne oscilacije na različitim stranama otoka su bile izvan faze, ukazujući na propagaciju unutarnjih valova oko ovog otoka u smjeru kazaljke na satu (Slika 6,7).

A



Slika 6. Varijabilnost temperature mora tijekom testnog eksperimenta u stratificiranim uvjetima u 2016. (gore) i 2017. (dolje). A) sjeverna pozicija na Lastovu (Maslovnjak) (Izvor: Čižmek H., Mihanović H., neobjavljeno).

B



Slika 7. Varijabilnost temperature mora tijekom testnog eksperimenta u stratificiranim uvjetima u 2016. (gore) i 2017. (dolje) B) južna pozicija na Lastovu (Struga) (Izvor: Čižmek H., Mihanović H., neobjavljeno).

1.6 Pregled dosadašnjih istraživanja bentosa na Jadranskom moru

Do sada su napravljena brojna istraživanja bentoskih organizama na Jadranskom moru, temeljena na istraživanju njihove prisutnosti i rasprostranjenosti te njihovih reakcija na promjene okolišnih čimbenika. Sveobuhvatna istraživanja biocenoza na području cijelog Jadrana provedena su tijekom 60-tih godina 20. stoljeća. Istraživanja bentoskih biocenoza južnog Jadrana započela su 1961. godine, a 1968. prvi put je obuhvaćena batijalna stepenica dubine do 500 m. Istovremeno su provođena istraživanja bentoskih zajednica sjevernog Jadrana te je kolektivno sakupljen velik broj uzoraka (Bakran-Petricioli 2012).

U 21. stoljeću nastavljena su istraživanja bentosa u Jadranskom moru. Na području Parka prirode Telašćica pronađeno je 65 koralja tijekom istraživanja od 1999. do 2006. što je oko 38% ukupnog broja vrsta koralja u Jadranskom moru (Kružić 2007).

Istraživanje mahovnjaka na otoku Prviću (Kvarner) tijekom 2004. ustanovilo je prisutnost 50 vrsta mahovnjaka na području lokaliteta Šilo. Taj lokalitet sadrži i mnogobrojne fotofilne alge do 15 m dubine kao što su *Cystoseira schiffneri*, *Sargassum vulgare* i *Codium bursa* (Novosel 2004). Jedan dio koraligene biocenoze nalazio se od 15 m do 25 m dubine odnosno dublje nego na što je na južnom Jadranu. Od algi prevladavao je rod *Peyssonnelia*, od žarnjaka *Eunicella singularis*, od mješćićnica *Microcosmus sabatieri* i *Halocynthia papillosa*. Na dubljim dijelovima prisutne su bile i spužve *Petrocia ficiformis* te *Axinella* spp. te od mahovnjaka *Smittina cervicornis* i *Myriapora truncata* (Novosel 2004).

Na području Nacionalnog parka Mljet 2002. g. objavljeno je istraživanje o prisutnosti vrsta koralja. Pronađene su 52 vrste koralja kroz niz godina istraživanja koji predstavljaju 60 % koralja Jadranskog mora. Čak 11 endema je pronađeno usprkos prijašnjim istraživanjima kroz 20.st. Od pripadnika koraligenske zajednice najzastupljenije pronađene vrste su *Parazoanthus axinellae*, *Caryophyllia inornata*, *Ceratotrochus magnaghii*, *Paracyathus pulchellus*, *Thalamophyllia gastii*, *Monomyces pygmaea*, *Guynia annulata*, *Leptopsammia pruvoti* i *Corallium rubrum* (Kružić 2002). Godine 2015. objavljeno je istraživanje o slučaju masovnog mortaliteta koralja *Balanophyllia europaea* na području Nacionalnog parka Mljeta.

Stanje koralja praćeno je od 2003. do 2013., a hipoteza o masovnom izumiranju ove vrste na tom području bile su temperaturne anomalije koje su pokazivale najveće zabilježene temperature u posljednjih 40-ak godina na tom području. Ustanovljene su promjene

izbljeđivanja koralja, a daljnjim djelovanjem povišenja temperatura i raspadanje samog tkiva polipa (Kružić 2015). Osim navedenih istraživanja pojedinačnih skupina ili vrsta organizama provedena su i cjelovita istraživanja bentosa sjevernog dijela Velebitskog kanala od 1997. do 2002. Na 6 istraživanih postaja pronađeno je 60 vrsta algi i 371 vrsta morske faune. Za to područje karakteristične su vrulje u kojima je pronađen mali broj bentoskih vrsta s obzirom na promjene uvjeta saliniteta (Novosel i sur. 2002).

1.7 Pregled dosadašnjih istraživanja bentosa Lastova

Na području Parka prirode Lastovsko otočje 2004. godine napravljeno je istraživanje makrozoobentosa kojem je utvrđeno 57 različitih vrsta mahovnjaka, a dominantne vrste su bile *Schizomavella cuspidata*, *Mollia patellaria*, *Scrupocellaria scrupea* i *Schizotheca serratimargo*. Gledajući ukupnu zajednicu na dubinama od 0 – 10 m dominirala je zajednica fotofilnih smeđih algi (*Cystoseira* spp., *Dictyota dichotoma* i *Padina pavonica*), na koju su se na dubinama od 10 do 20 m nastavile zajednica zelenih (*Halimeda tuna*, *Flabellia petiolata*) i crvenih algi (*Peyssonnelia* sp. i *Pseudolithophyllum expansum*), spužve (*Petrosia ficiformis* i *Axinella* spp.), žarnjaci (*Parazoanthus axinellae*, *Leptopsammia pruvoti* i *Eunicella cavolinii*) i mahovnjaci (*Myriapora truncata* i *Reteporella* spp.) (Novosel i sur. 2004). Zabilježena je manja raznolikost zajednice mahovnjaka na Lastovu u prvih 10 m vertikale na temelju čega autori znanstvenog rada pretpostavljaju da je uzrok dnevne oscilacije temperature uslijed fenomena valova vezanih uz otok. Također, većina istih vrsta mahovnjaka koji obitavaju kod Lastova pronađeni su na većim dubinama nego kod drugog lokaliteta Jadranskog mora, otoku Prviću (Kvarner), koji se nalazi sjevernije od Lastova (Novosel i sur. 2004).

Temperaturni uvjeti kod ova dva lokaliteta razlikuju se u dvije glavne stvari: godišnji temperaturni raspon koji je veći kod otoka Prvića (zbog manje temperature zimi) te mijenjanje termoklina koje je kod otoka Prvića uvjetovano promjenom godišnjih doba, dok je kod Lastova uvjetovano ITW valovima koji pomiču termoklinu za čak 6 °C unutar 30 minuta na 20-ak metara dubine ljeti, što iznimno djeluje na organizme (Novosel i sur. 2004). Veličina zooida mahovnjaka istih vrsta na sjevernom i na južnom dijelu Jadrana nije se razlikovala usprkos razlici u temperaturi.

1.8 Cilj istraživanja

Glavni cilj istraživanja je utvrditi sastav i strukturu makrobentosa strmaca u zaštićenom području Parka prirode Lastovsko otočje te ustanoviti utječe li navedeni fenomen valova na njihov sastav i brojnost.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1. Arhipelag Lastovsko otočje

Otok Lastovo površinom iznosi 46,9 km², dug je 11 km te širok oko 6,5 km. Pripada skupini južnodalmatinskih otoka. Po veličini je 14. otok na jadranskoj obali. S obližnjim manjim otocima kojih je 46 tvori Lastovski arhipelag te zauzima površinu od 56,2 km². Karakteriziraju ga vrlo strme obale. Smješten je južno od otoka Korčule, od kojega ga dijeli Lastovski kanal širine 13 do 20 km. Sjeverni dio Lastovskog kanala s dubinama od oko 85 m je plići od južnog dijela, čija se dubina kreće između 100 i 200 m (2 km odnosno 35 km od otoka). U blizini otoka Lastova prosječna dubina mora je 70 do 300 m. Na otoku prevladava mediteranska klima s prosječnim godišnjim temperaturama od 15 °C i godišnjim padalinama oko 700 mm. Strukturno gledano, otok Lastovo s otocima Kopište, Podkopište i Sušac su dio blago položene i morem potopljene antiklinale, čiji su slojevi u pravilu nagnuti prema istoku-sjeveroistoku. Naslage gornje jure (većina Lastova) od naslaga donje krede (sjeverni dio otoka s Lastovnjacima i Vrhovnjacima) koje se pojavljuju u manjoj mjeri odvaja rasjed (Korolija i sur. 1968). Kopneni dio otoka karakteriziraju zaobljeni brežuljci bogati šumom i makijom, a obalni duboko usječene morske uvale i kamene obale s klifovima (Slika 8).



Slika 8. Stmci na rtu Struga (Autor: Zrinka Ljubešić)

Zahvaljujući svom izoliranom geografskom položaju te utjecaju maritimnosti, Lastovo ima umanjen utjecaj vrućine ljeti te hladnoće zimi. Sa 2761 sati insolacije godišnje Lastovo pripada najsunčanijim područjima Jadrana. Najučestalija oborina je kiša koja se većinski javlja tijekom hladnijeg dijela godine. Srednja godišnja vlažnost zraka je 68 %. Vлага u sušnom razdoblju nadoknađuje kišu. Od vjetrova najučestaliji su jugo te maestral, no prisutni su i vjetrovi poput bure, lebića, pulenata, tramontane i levanata. Jaki i olujni vjetrovi nisu prisutni zbog izbočenosti otočja prema pučini (Službena stranica Park prirode Lastovsko otočje: <http://pp-lastovo.hr/>).

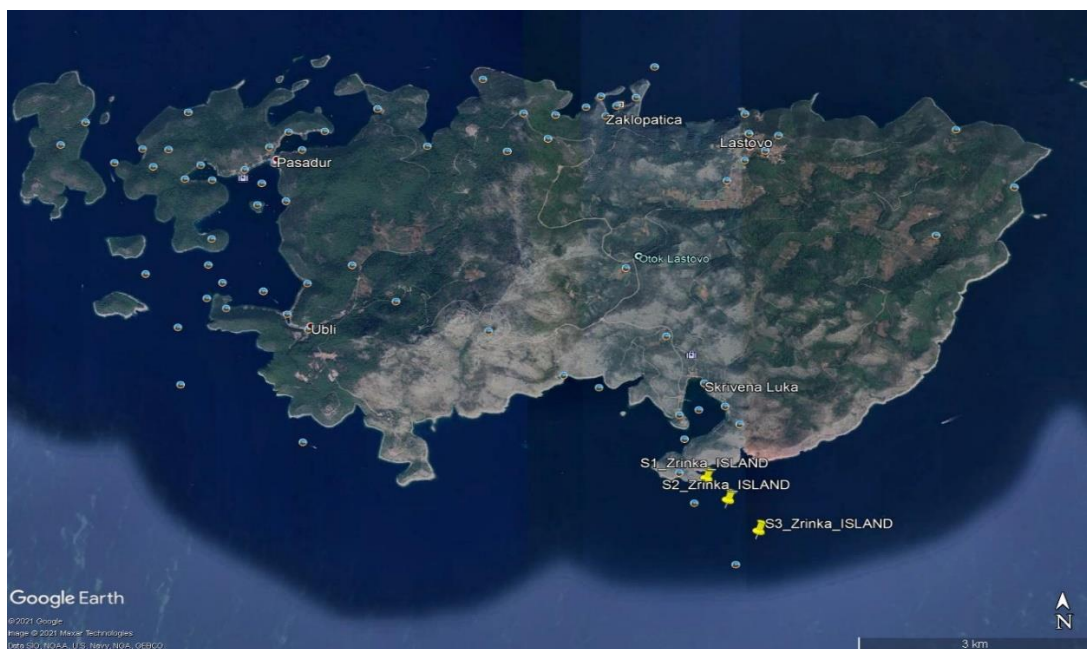
2.2. Lokalitet Struga

Područje istraživanja u ovom radu smješteno je na južnoj strani otoka Lastova, na lokalitetu Strugi. Kako bi se vidio mogući utjecaj valova na okoliš, izabrane su tri postaje (Slika 9) okomito na strmcu, gdje je prva postaja S1 bila neposredno uz mjesto gdje su postavljeni temperaturni senzori pričvršćeni na strmac, dok je S3 bila udaljena 1 kilometar kako bi se vidio opseg utjecaja ITW fenomena. Geografske koordinate ovih postaja su:

S1: 42° 43.352N; 16° 53.317E;

S2: 42° 43.179N; 16° 53.517E;

S3: 42° 42.931N; 16° 53.799E

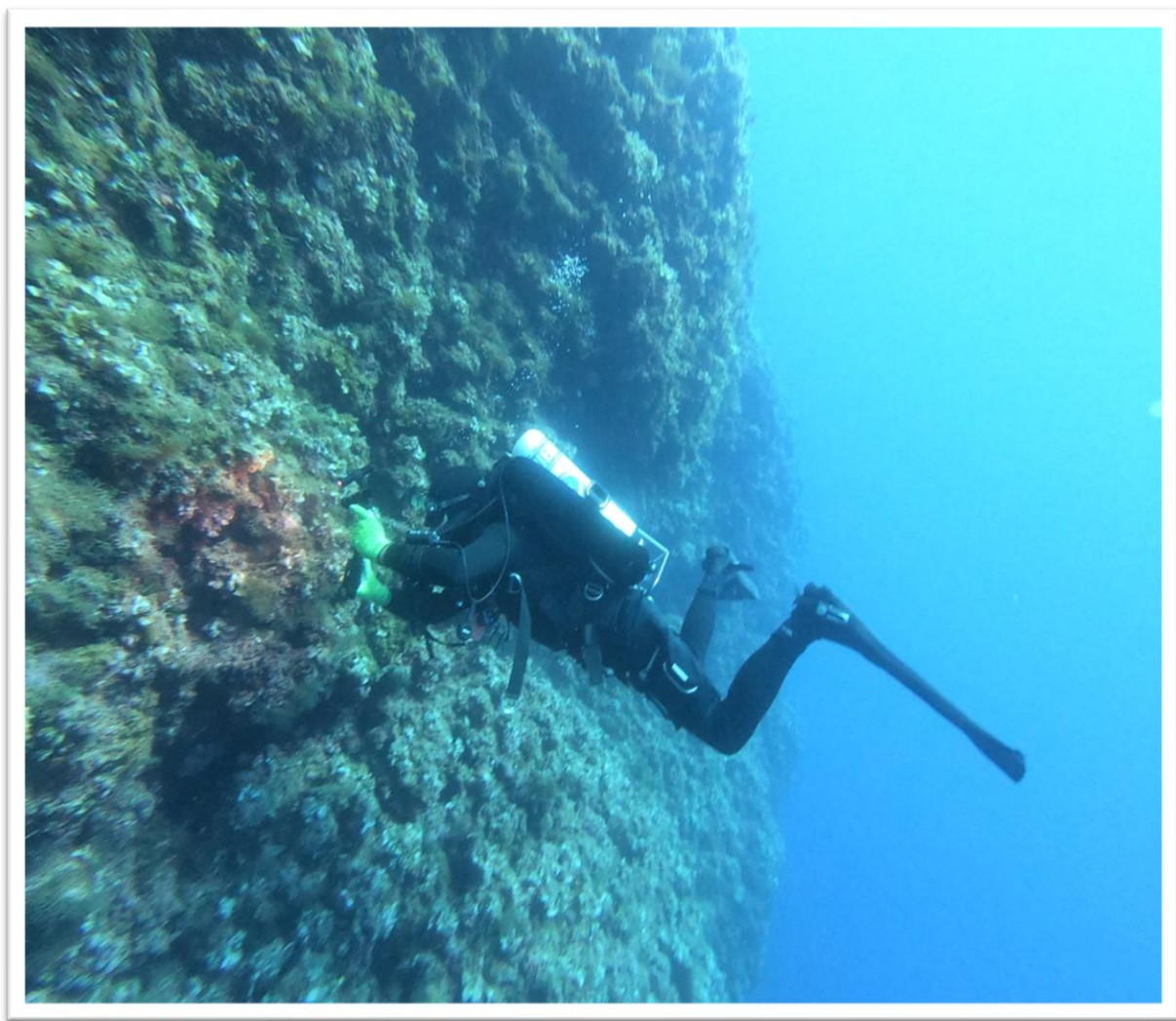


Slika 9. Položaj istraživanih postaja na lokalitetu Struga

3. MATERIJALI I METODE

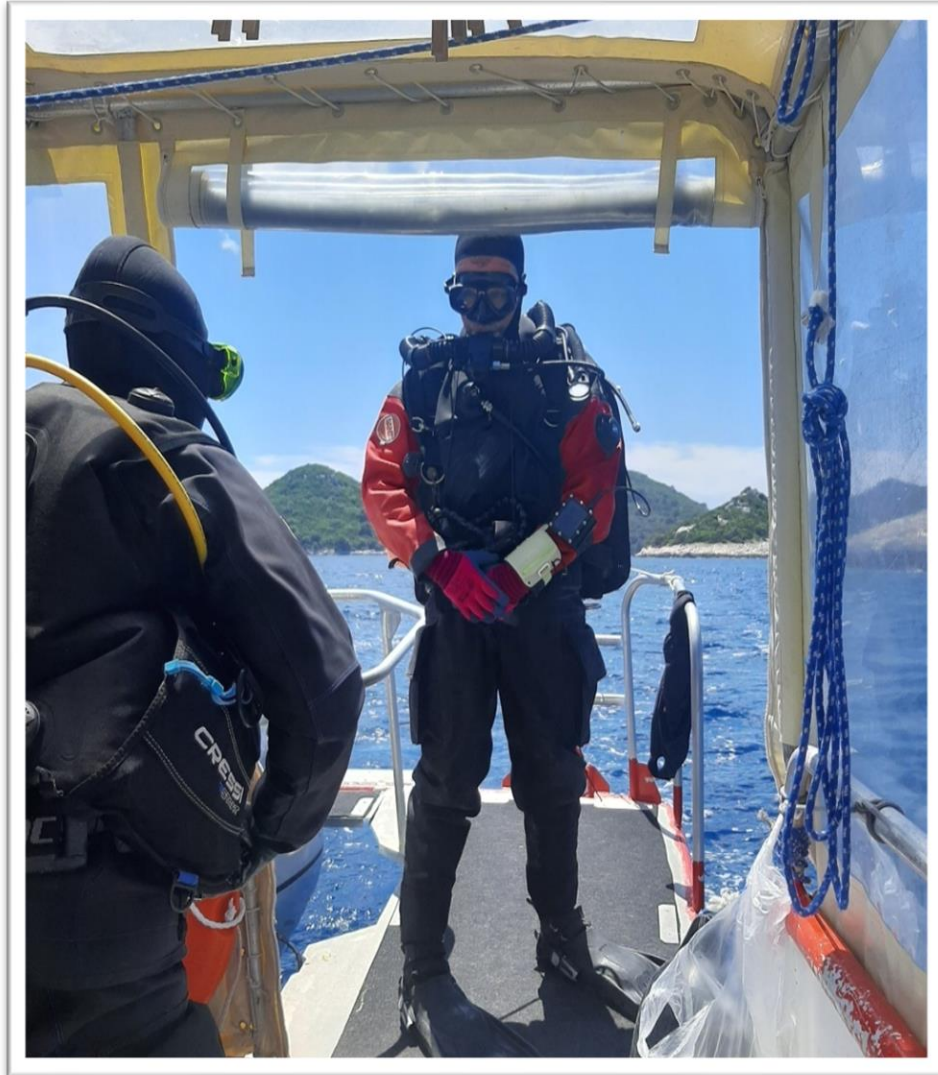
3.1. Prikupljanje podataka

Za izradu ovog diplomskog rada korišteni su podaci koji su prikupljeni metodom fotografskih kvadrata. Ona se odnosi na fotografiranje određenog bentoskog područja uz pomoć ronilačke opreme, fotokvadrata i fotoaparata (Slika 10)(Bohnsack 1979).



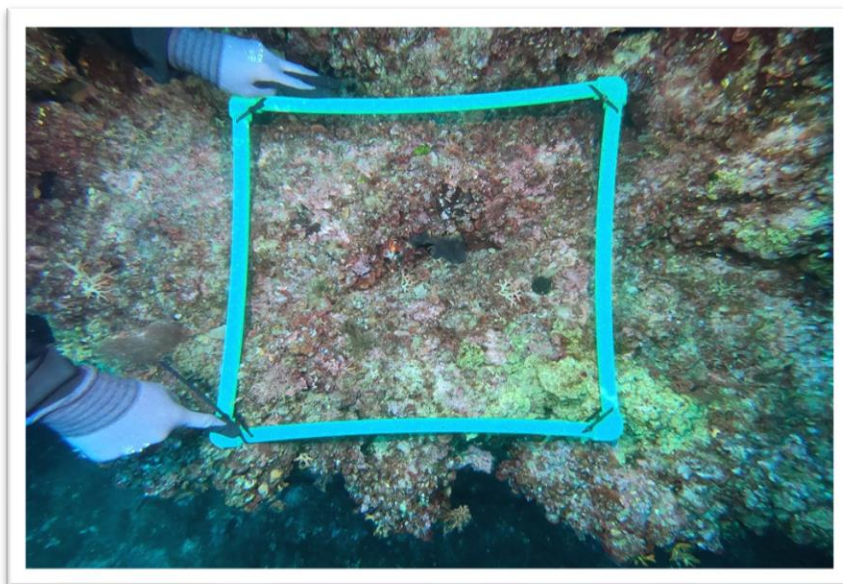
Slika 10. Fotografiranje vrsta na bentoskom području lokaliteta Struge (Autor: Marija Oštarić)

Fotografije su u sklopu projekta HRZZ- IP-2020-02-9524 „Utjecaj valova vezanih uz otok na primarnu produkciju“ početkom lipnja 2021. godine snimili SCUBA roniaci Društva istraživača mora 20 000 milja (Slika 11).



Slika 11. Roniaci Društva istraživača mora 20 000 milja prije početka snimanja
(Autor: Zrinka Ljubešić)

Fotografirano je područje bentosa strmca kod Struge na dubinama od 25 m i 40 m (Slika 12, 13). Proces fotografiranja odvijao se uzastopnim snimanjem u širinu od otprilike 50 m. Svako mjesto uzorkovanja fotografirano je 3 do 4 puta kako bi se osigurala vidljivost na području kvadrata.



Slika 12. Primjer kvadrata na dubini 25 m (Autor: Hrvoje Čižmek)



Slika 13. Primjer kvadrata na dubini od 40 m (Autor: Hrvoje Čižmek)

Korišteno je 12 fotografskih kvadrata (50x50 cm), 6 na dubini od 25 m i 6 na dubini od 40 m. Osim fotografija s fotografskim kvadratima uslikane su i fotografije bez fotografskih kvadrata koje su poslužile u određivanju prisutnosti bentoskih vrsta na pojedinim dubinama.

Okomito na lokaciju snimanih kvadrata, napravljena su mjerenja osnovnih oceanografskih parametara temperature, saliniteta i fluorescence klorofila *a*, uz korištenje CTD sonde (SEA-Bird Electronics Inc., USA)(Slika 14).



Slika 14. CTD sonda

3.2 Obrada podataka

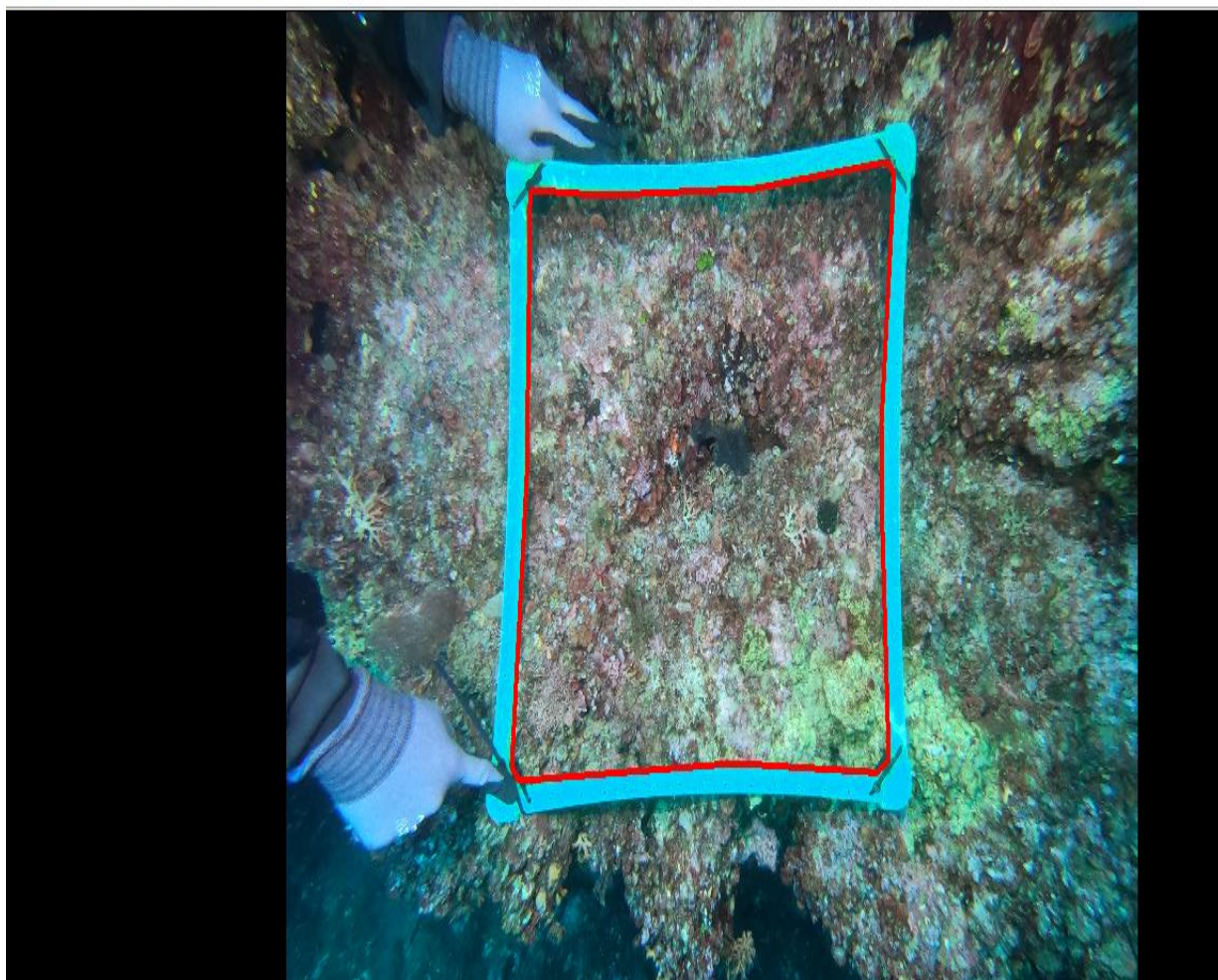
3.2.1. Determiniranje vrsta korištenjem literature za determinaciju

Koristeći se literaturom za determinaciju (Antolić B., i sur. 2013; Prvan M. i sur. 2016; Riedl R. 1983; Turk T. 2011) bentoskih organizama označavao sam prisutnost i brojnost vrsta i dubinu na kojoj su prisutne unutar programa Excel.

Princip se zasniva na vizualnom prepoznavanju određenih vrsta opisanih u literaturi. Svaka potencijalna vrsta na fotografijama uspoređuje se s literaturom za determinaciju, a potom se, nakon što se utvrdi da se radi o prepoznatoj vrsti, bilježi u tablicu. Nakon dobivenih podataka, napravio sam tablice prisutnosti vrsta na dubinama od 25 m te od 40 m. Obradu fotografija napravio sam u programu PhotoQuad.

3.2.2. Obrada podataka u računalnom programu PhotoQuad

Prije početka analize svakog fotografskog kvadrata potrebno je označiti same granice kvadrata. O crtavanje granica kvadrata predstavlja prvi korak u njihovoj obradi kojim se definira željeno područje uzorkovanja. Dodirom miša na željeno područje fotografije program automatski stvara kvadrat. Osim automatskog načina stvaranja granice kvadrata, postoji i mogućnost vlastoručnog stvaranja granica, unutar koje korisnik sam o crtava četverokut i povlači njegove krajeve ka rubu (Trygonis i sur. 2012). S obzirom da je ručno o crtavanje preciznije, a ne zahtjeva puno vremena, ručnim o crtavanjem napravio sam precizni obris kvadrata (Slika 15).



Slika 15. Snimka zaslona ocrtavanja granica kvadrata

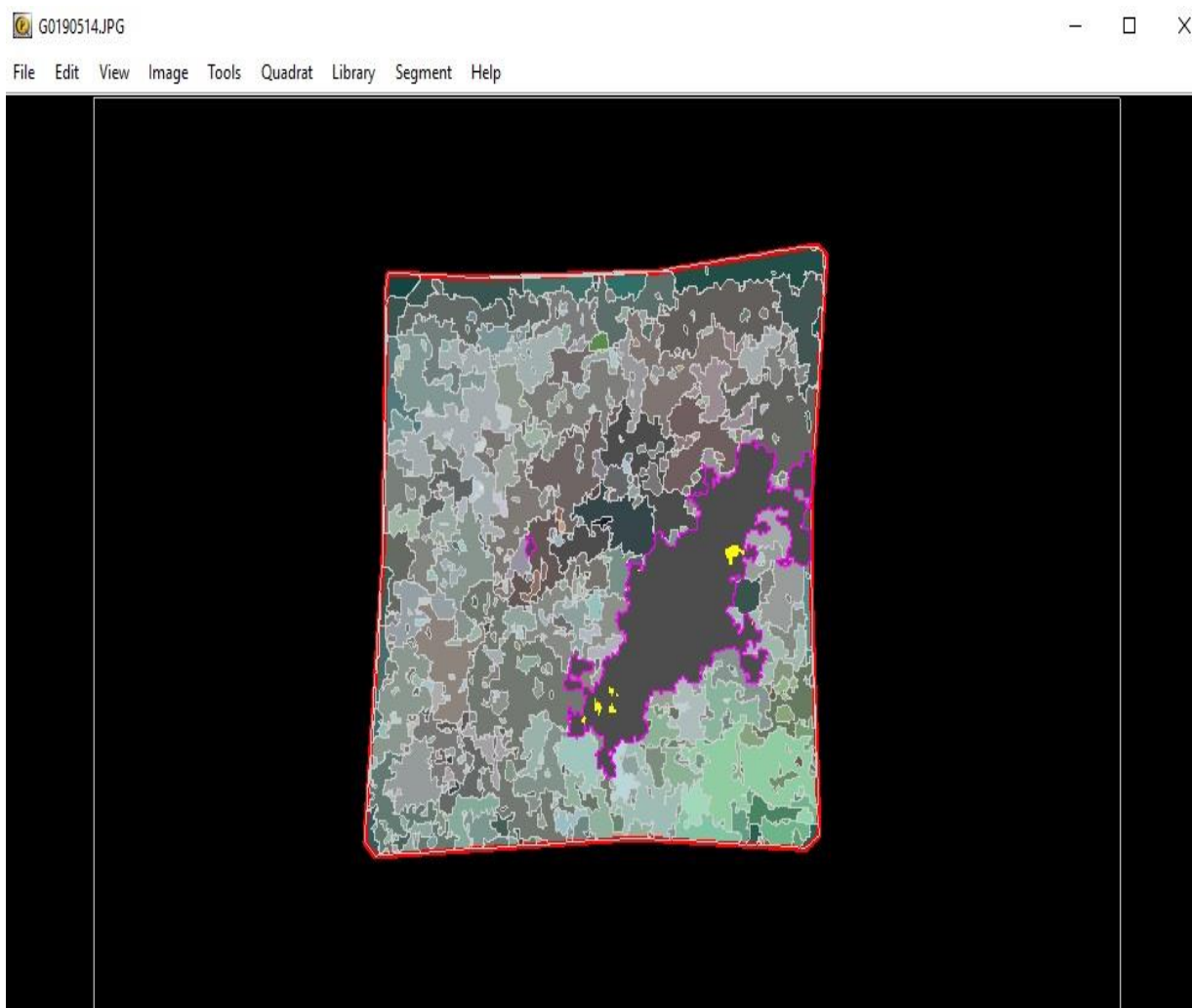
Nakon ocrtavanja granice kvadrata, koristio sam opciju označavanja mrežnih ćelija. Uključivanjem te opcije u postavkama programa stvara se mreža manjih kvadrata. Unutar samog velikog kvadrata, označavaju se pojedini kvadratići kojima se označavaju pojedinačne vrste, nakon što je prethodno uz pomoć literature za determinaciju ta vrsta potvrđena. (Slika 16).



Slika 16. Označavanje mrežnih kvadrata pripadajućih određenoj vrsti

Označavanjem mrežnih kvadratića njihov postotak od ukupnog kvadrata pojavljuje se unutar korisnički definirane knjižnice, u mom slučaju Excelu, koju sam također prethodno podesio u postavkama samog programa. Nakon dobivenih postotaka pojedinih organizama dobio sam uvid u strukturu zajednice bentosa strmca Struge.

Unutar samog programa u postavkama postoji opcija segmentacije koja oblikuje, spaja i razlikuje pojedine dijelove slike na temelju njihove boje, strukture, morfologije te na taj način omogućava spajanje oku nevidljivih dijelova u jedinstvenu cjelinu. Segmentacija mi je poslužila za precizno prepoznavanje dijelova slike s obzirom na površinu punu sedimenta i ostalih čestica koje bi eventualno mogle spriječiti pravi udio samih organizama unutar kvadrata (Slika 17).



Slika 17. Snimka zaslona segmentacije

4. REZULTATI

Tijekom istraživanja određene su 32 vrste bentoskih organizama na strmcu Parka prirode Lastovsko otočje. Zabilježeno je 10 vrsta spužvi, 10 vrsta algi, 5 vrsta mahovnjaka, 2 vrste koralja, 2 vrste zvjezdaca, 2 vrste mnogočetinaša i 1 vrsta obrubnjaka (Tablica 1).

Tablica 1. Prisutnost organizama u bentosu na 25 m i 40 m dubine na postaji Struga

Skupina organizama	Znanstveni naziv vrste	Prisutnost na dubini od 25 m	Prisutnost na dubini od 40 m
Chlorophyta	<i>Codium bursa</i> (Olivi C. Agardh, 1817)	+	-
	<i>Halimeda tuna</i> (J.Ellis & Solander, J.V. Lamouroux, 1816)	+	-
	<i>Palmophyllum crasum</i> (Rabenhorst, 1868)	+	+
	<i>Valonia macrophysa</i> (Kützing, 1843)	-	+
Rhodophyta	<i>Amphiroa sp.</i>	+	-
	<i>Dudresnaya verticillata</i> (Withering, Le Jolis 1863)	+	-
	<i>Gloiadecia repens</i> (C.Agrardh, N. Sanchez & Rodriguez-Prieto, 2007)	+	-
	<i>Jania rubens</i> (Linnaeus, 1758)	-	+
	<i>Mesophyllum expansum</i> (Cabioch & M.L.Mendoza, 2003)	-	+
	<i>Peyssonnelia sp.</i> (Decaisne, 1814)	+	+

Anthozoa	<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)	-	+
	<i>Leptopsammia pruvoti</i> (Lacaze-Duthiers, 1897)	+	+
Bryozoa	<i>Myriapora truncata</i> (Pallas, 1766)	+	-
	<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)	+	+
	<i>Reteporella sp.</i> (Jullien, 1903)	+	+
	<i>Schizotoca seratimargo</i> (Hincks, 1886)	-	+
	<i>Smittina cervicornis</i> (Pallas, 1766)	+	-
Polychaeta	<i>Filograna sp.</i> (Berkeley, 1835)	-	+
	<i>Protula sp.</i>	+	-
Hydrozoa	<i>Aglaophenia sp.</i> (Lamouroux, 1812)	-	+
Porifera	<i>Acanthella sp.</i> (Schmidt, 1864)	-	+
	<i>Agelas oroides</i> (Schmidt, 1864)	+	+
	<i>Aplysina cavernicola</i> (Vacelet, 1959)	-	+
	<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	+	+
	<i>Crambe crambe</i> (Schmidt, 1862)	-	+
	<i>Petrosia ficiformis</i> (Poiret, 1789)	+	+
	<i>Phorbasp. sp.</i> (Topsent, 1925)	+	-
	<i>Pleraplysilla spinifera</i> (Shulze 1879)	+	+
	<i>Reniera cratera</i> (Schmidt, 1862)	-	+
	<i>Spirastrella cuncatrix</i> (Schmidt, 1868)	-	+

Echinodermata	<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783)	+	+
	<i>Peltaster placenta</i> (Müller & Troschel, 1842)	+	+

Unutar pojedinih kvadrata na dubinama od 25 m i 40 m određena je postotna zastupljenost vrsta bentoskih organizama (Tablica 2, 3, 4, 5). Unutar fotografskih kvadrata pronađeno je 12 bentoskih vrsta.

Tablica 2. Zastupljenost vrsta (%) unutar kvadrata 1, 2, 3 (dubine 25 m) na postaji Struga

Bentoske vrste+sediment	Zastupljenost (%) Kvadrat 1 – 25 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 2 – 25 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 3 – 25 m
<i>Codium bursa</i> (Olivi C. Agardh, 1817)	2,3	-	3,1
<i>Leptopsammia pruvoti</i> (Lacaze-Duthiers, 1897)	-	-	-
<i>Peyssonnelia</i> sp. (Decaisne, 1814)	52,3	59,2	-
<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	5,4	-	-
<i>Palmophyllum crasum</i> (Rabenhorst, 1868)	-	-	-
<i>Mesophyllum expansum</i> (Cabioch & M.L.Mendoza, 2003)	-	-	-
<i>Aplysina cavernicola</i> (Vacelet, 1959)	-	-	-
<i>Corallinacea</i> sp.	9,1	2,6	-
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus, 1758)	6,3	-	-
<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)	5,2	-	3,4
<i>Agelas oroides</i> (Schmidt, 1864)	-	-	-
<i>Filograna</i> sp. (Berkeley, 1835)	-	-	-
SEDIMENT	6,4	4,6	5,3
NEPOZNATO	9,8	30	22

Na prvoj postaji dubine od 25 m dominantna vrsta je alga *Peyssonnelia sp.* Sveukupno, očituje se prisutnost 7 vrsta bentoskih organizama, 2 neidentificirane vrste algi te nepokriveni sediment. Ostale prisutne alge su *Codium bursa*, *Corallinacea sp.* i *Jania rubens*, dok su od mahovnjaka prisutne vrste *Pentapora fascialis* i *Reteporella sp.*, te od spužvi vrsta *Chondrosia reniformis*.

Tablica 3. Zastupljenost vrsta (%) unutar kvadrata 4, 5, 6 (dubine 25 m) na postaji Struga

Bentoske vrste+sediment	Zastupljenost (%) Kvadrat 4 – 25 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 5 – 25 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 6 – 25 m
<i>Codium bursa</i> (Olivi C. Agardh, 1817)	9,1	1,2	-
<i>Leptopsammia pruvoti</i> (Lacaze-Duthiers, 1897)	0,8	-	-
<i>Peyssonnelia sp.</i> (Decaisne, 1814)	58,3	66,4	63,5
<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	5,4	6,7	6,3
<i>Palmophyllum crasum</i> (Rabenhorst, 1868)	-	-	-
<i>Mesophyllum expansum</i> (Cabiocch & M.L.Mendoza, 2003)	-	-	-
<i>Corallinacea sp.</i>	-	-	-
<i>Aplysina cavernicola</i> (Vacelet, 1959)	-	-	-
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)	8,2	4,6	3,4
<i>Agelas oroides</i> (Schmidt, 1864)	-	2,3	-
<i>Filograna sp.</i> (Berkeley, 1835)	-	-	-
SEDIMENT	9,4	16,6	7,5
NEPOZNATO	9,8	2,2	19,3

Unutar druge skupine 3 kvadrata također dubine od 25 m, i dalje dominira alga *Peyssonnelia sp.* Druge vrste koje se pojavljuju su spužva *Agelas oroides* i koralj *Leptopsammia pruvoti*, no s malom zastupljenosti. Kao i u prva 3 kvadrata, prisutni su

alga *Codium bursa*, spužva *Chondrosia reniformis* i mahovnjak *Pentapora fascialis*. Manji je udio i neidentificiranih vrsta algi. Zastupljenost nepokrivenog sedimenta je slična kao i kod prva 3 kvadrata te iznosi oko 10 %.

Tablica 4. Zastupljenost vrsta (%) unutar kvadrata 1,2,3 (dubine 40 m) na postaji Struga

Bentoske vrste+sediment	Zastupljenost (%) Kvadrat 1 - 40 m	Zastupljenost(%) Kvadrat 2 – 40 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 3 – 40 m
<i>Codium bursa</i> (Olivi C. Agardh, 1817)	-	-	-
<i>Leptopsammia pruvoti</i> (Lacaze-Duthiers, 1897)	0,7	-	-
<i>Peyssonnelia sp.</i> (Decaisne, 1814)	63,2	62,4	59,5
<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	-	-	-
<i>Palmophyllum crasum</i> (Rabenhorst, 1868)	-	3,4	-
<i>Mesophyllum expansum</i> (Cabiocch & M.L.Mendoza, 2003)	28,2	24,5	23,2
<i>Corallinacea sp.</i>	-	-	-
<i>Aplysina cavernicola</i> (Vacelet, 1959)	-	-	-
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)	2,5	-	-
<i>Agelas oroides</i> (Schmidt, 1864)	-	-	-
<i>Filograna sp.</i> (Berkeley, 1835)	-	-	-
SEDIMENT	5,4	6,3	7,2
NEPOZNATO	0	3,4	10,1

Na dubini od 40 m unutar kvadrata 1, 2, 3, osim dominantne vrste *Peyssonnelia sp.* pojavljuje se i druga vrsta crvene alge, *Mesophyllum expansum*. Pojavljuje se i alga *Palmophyllum crasum*. Smanjuje se prisutnost vrste mahovnjaka *Pentapora fascialis*, dok

spužva *Chondrosia reniformis* više nije prisutna. Zastupljenost nepokrivenog sedimenta slična je zastupljenosti na dubini od 25 m (oko 10 %), dok je neidentificirana 1 vrsta alge.

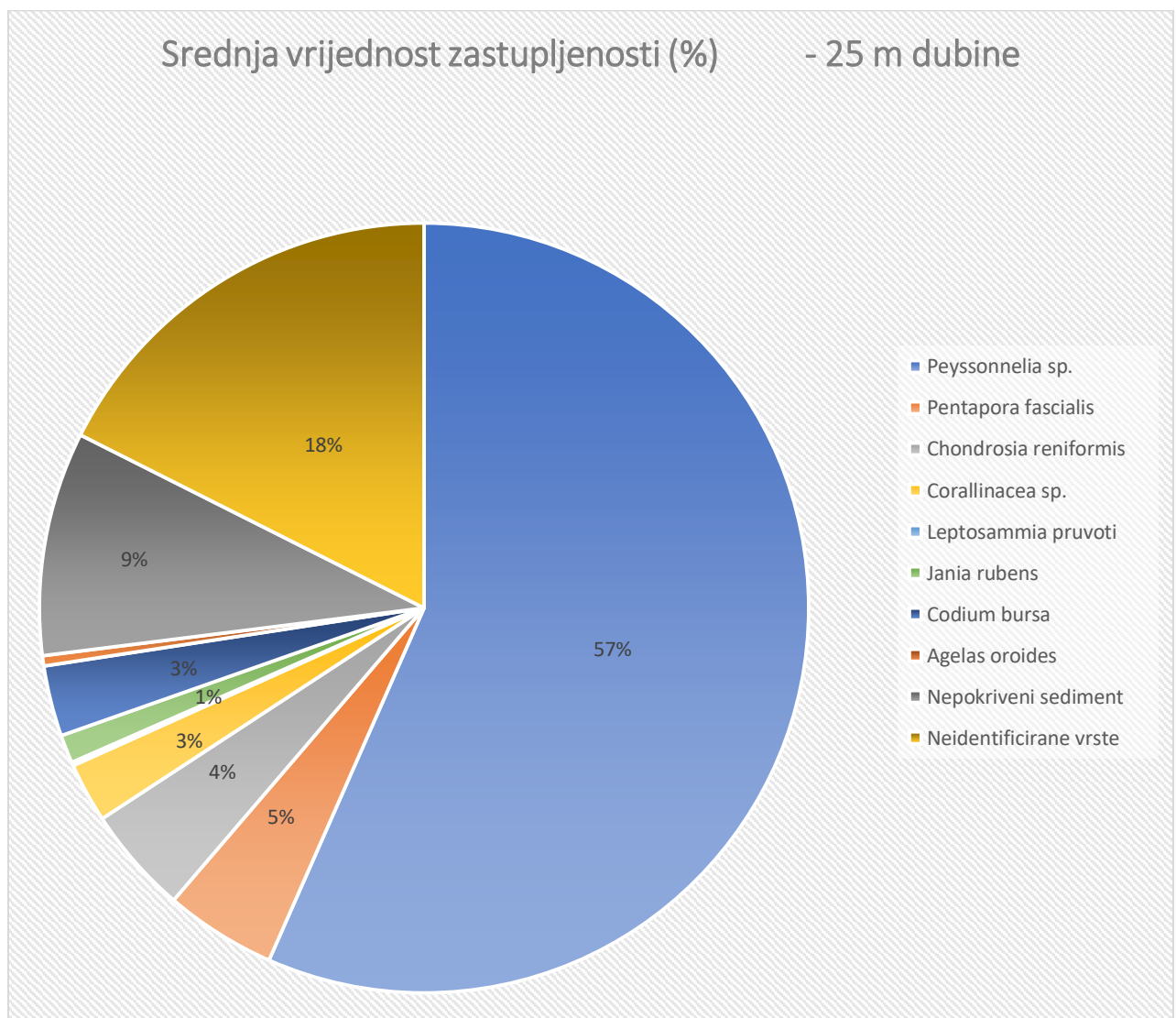
Tablica 5. Zastupljenost vrsta (%) unutar kvadrata 4, 5, 6 (dubine 40 m) na postaji Struga

Bentoske vrste+sediment	Zastupljenost (%) Kvadrat 4 – 40 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 5 – 40 m	Zastupljenost (%) Kvadrat 6 – 40 m
<i>Codium bursa</i> (Olivi C. Agardh, 1817)	-	-	-
<i>Leptopsammia pruvoti</i> (Lacaze-Duthiers, 1897)	4,1	-	-
<i>Peyssonnelia sp.</i> (Decaisne, 1814)	20,3	6,4	55,7
<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	-	7,3	2,4
<i>Palmophyllum crasum</i> (Rabenhorst, 1868)	1,3	-	-
<i>Mesophyllum expansum</i> (Cabioch & M.L.Mendoza, 2003)	-	14,5	15,6
<i>Corallinacea sp.</i>	-	-	-
<i>Aplysina cavernicola</i> (Vacelet, 1959)	-	5,3	-
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)	4,4	4,6	3,4
<i>Agelas oroides</i> (Schmidt, 1864)	2,5	6,9	-
<i>Filograna sp.</i> (Berkeley, 1835)	-	-	2,0
SEDIMENT	19,5	9,3	19,4
NEPOZNATO	47,9	45,7	1,5

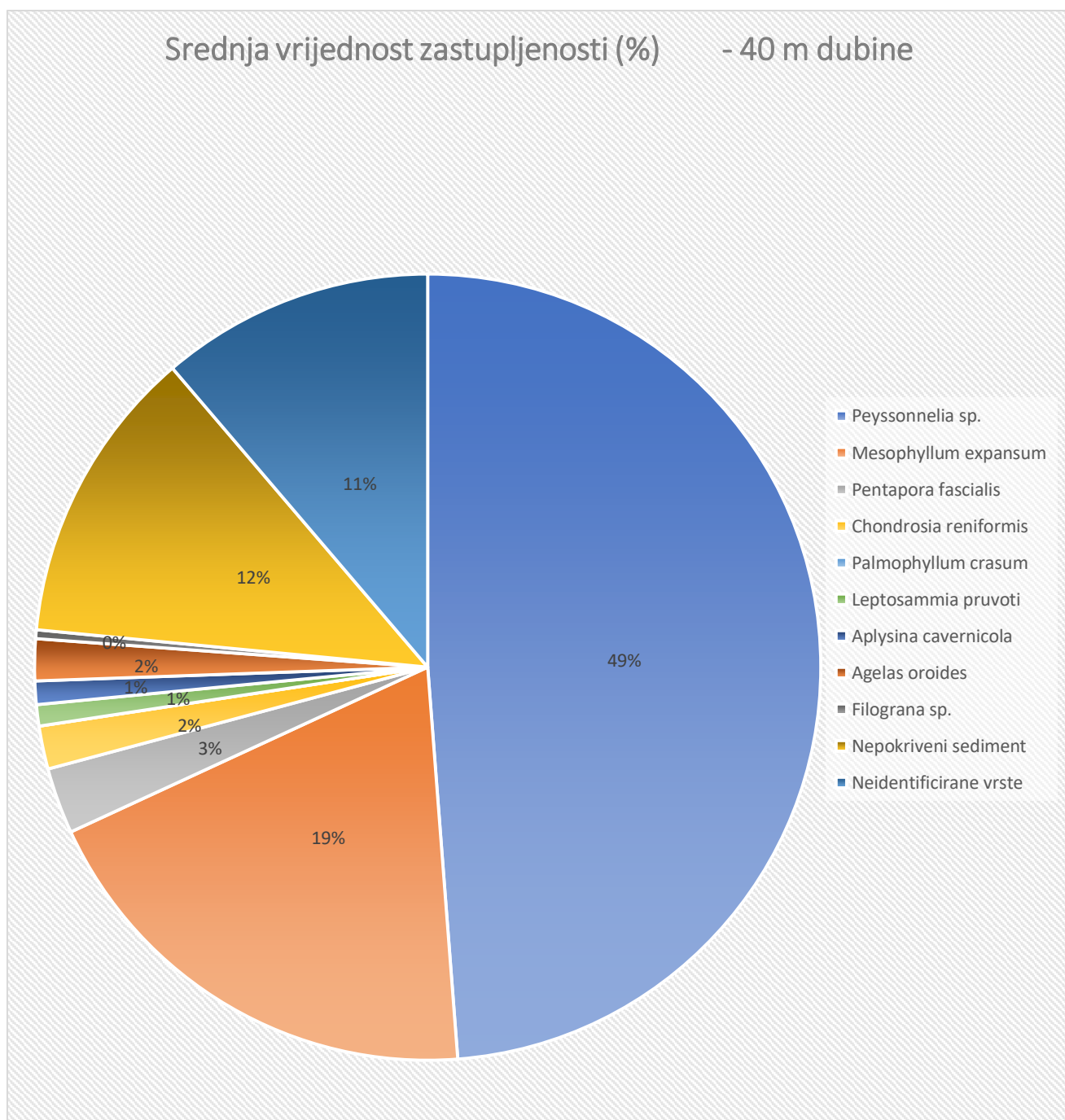
Kvadrati 4, 5, 6 na dubini od 40 m pokazuju različite omjere navedenih vrsta, te više nije u pojedinim kvadratima dominantna alga *Peyssonnelia sp.* Također, javljaju se i druge vrste kao što su sesilni mnogočetinaš *Filograna sp.* te spužva *Aplysina cavernicola*. Premda je u kvadratima 1, 2, 3 na istoj dubini nije bilo, pojavljuje se spužva *Chondrosia reniformis*. Žarnjak *Leptopsammia pruvoti* na većoj dubini zauzima veću zastupljenost unutar kvadrata,

no na fotografijama koje nemaju fotografske kvadrate očituje se veća prisutnost ove vrste. Ističe se i veći udio nepokrivenog sedimenta u odnosu na kvadrate 1 ,2, 3 sa iste dubine, ali i veći broj neidentificiranog dijela kvadrata.

Kako bi se dobila preciznija zastupljenost pronađenih vrsta, srednja vrijednost zastupljenosti svake vrste u svim navedenim kvadratima zajedno sa nepokrivenim sedimentom i neidentificiranim organizmima prikazana je u na slikama 18, 19.

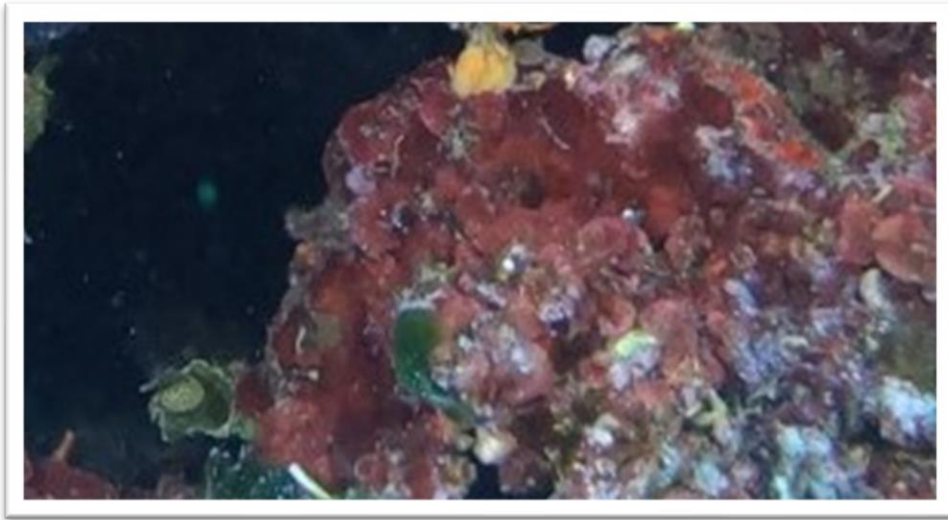


Slika 18. Srednja vrijednost zastupljenosti organizama (%) u bentosu unutar fotografskih kvadrata na 25 m dubine na postaji Struga



Slika 19. Srednja vrijednost zastupljenosti organizama (%) u bentosu unutar fotografskih kvadrata na 40 m dubine na postaji Struga

Dominantna vrsta na u bentosu strmca kod Struge na dubinama od 25 m i 40 m je alga *Peyssonnelia* sp. (Slika 20).



Slika 20. Vrsta *Peyssonnelia* sp (Autor: Hrvoje Čižmek)

Na 40 m dubine zastupljena je i alga *Messophyllum expansum* (Slika 21).



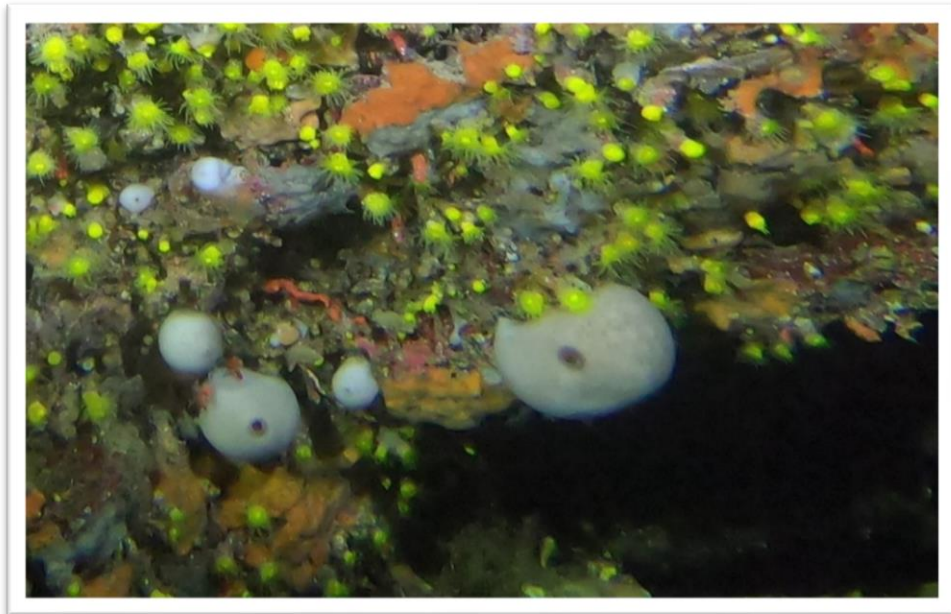
Slika 21. Vrsta *Messophyllum expansum* (Autor: Hrvoje Čižmek)

Osim algi od ostalih organizama prisutan je i mahovnjak *Pentapora fascialis* (Slika 22). Vrlo česta je u koraligenskoj biocenozi kao što je vidljivo i na slici 22 (Turk T. 2011.)



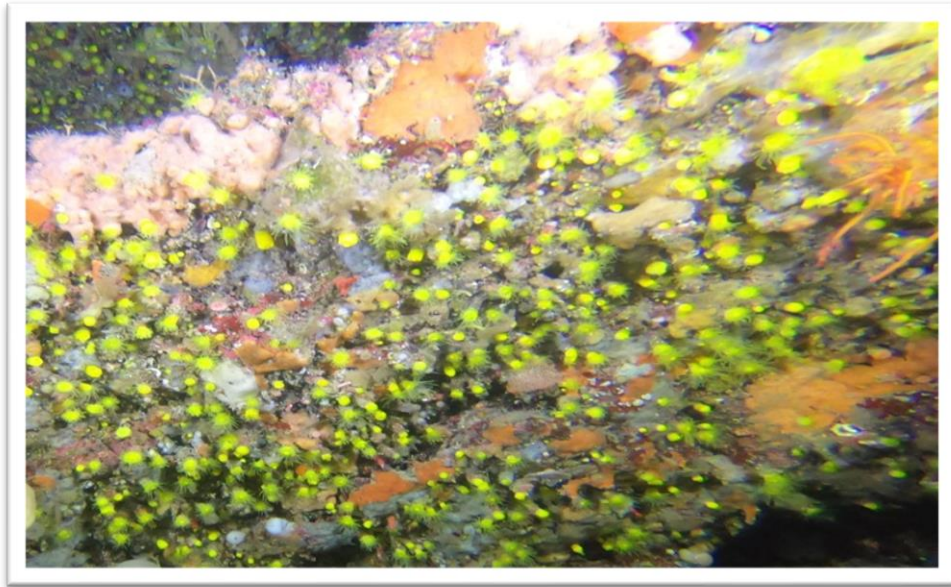
Slika 22. *Pentapora fascialis* (Autor: Hrvoje Čižmek)

Od zabilježenih spužvi po učestalosti izdvaja se vrsta bubrežastog oblika i glatke površine *Chondrosia reniformis* (Slika 23).



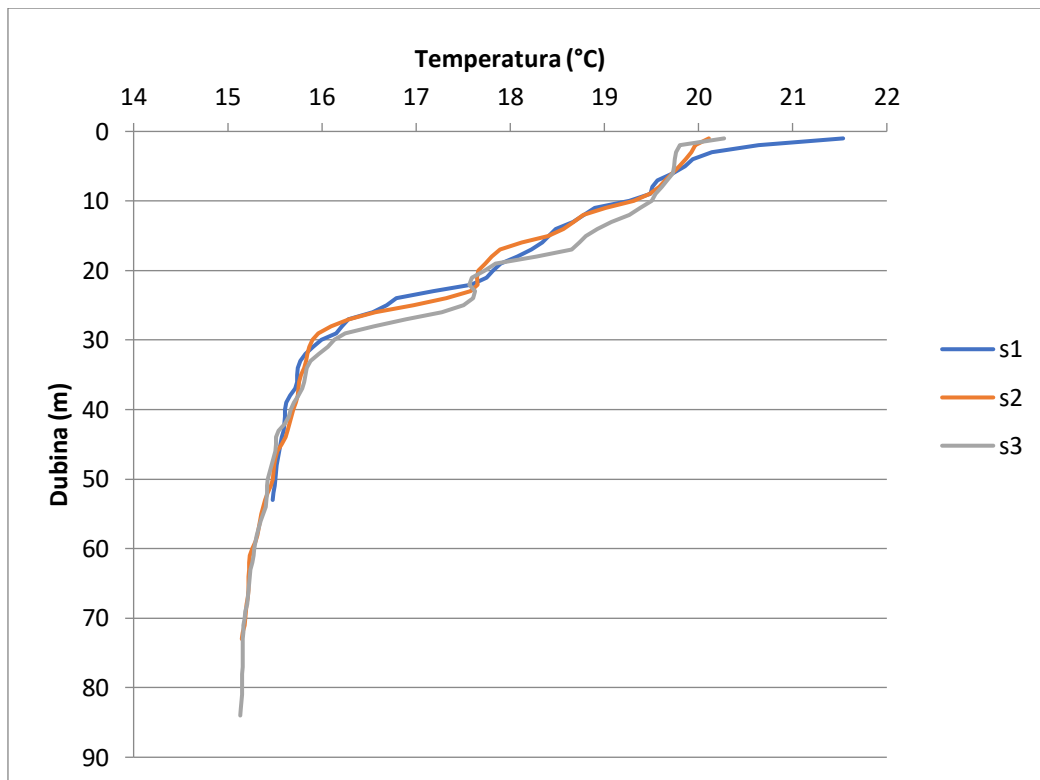
Slika 23. *Chondrosia reniformis* (Autor: Hrvoje Čižmek)

Na fotografijama bentosa na dubini od 40 m dominira vrsta koralja žute boje *Leptopsammia pruvoti* (Slika 24).

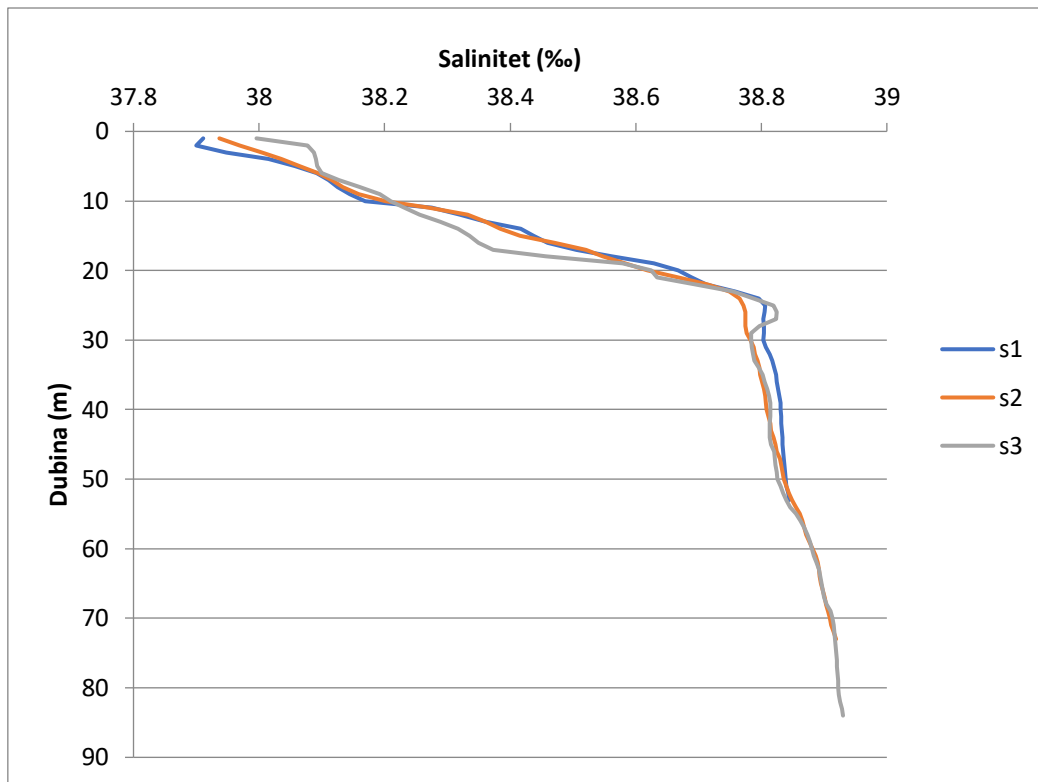


Slika 24. *Leptopsammia pruvoti* (Autor: Hrvoje Čižmek)

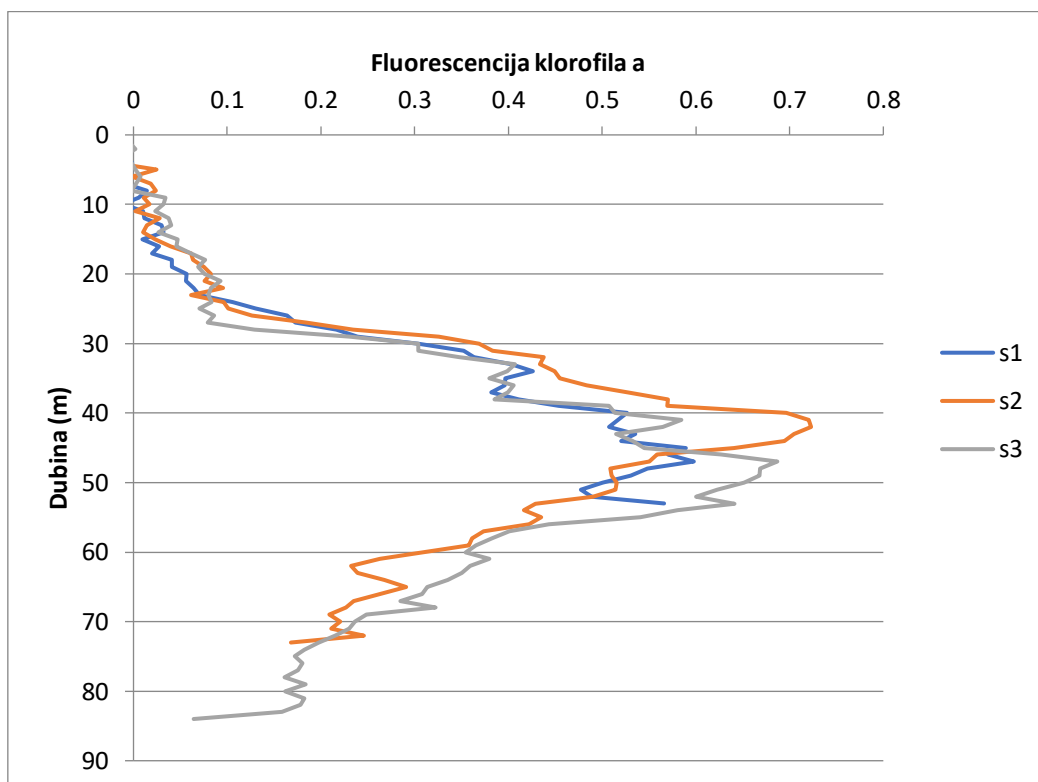
Kako bi se povezao sastav bentosa sa mogućim utjecajem ITW fenomena, napravljena su mjerenja temperature, saliniteta i fluorescence klorofila uz pomoću CTD sonde. Početkom lipnja 2021. termoklina je bila zabilježena na 30 m dubine (Slika 25). Površinski sloj mora je bio nižeg saliniteta, dok se ispod 30 m salinitet izjednačava kroz vodeni stupac (Slika 26). Zabilježen je podpovršinski maksimum klorofila *a* ispod termokline na dubini od 30 do 60 m (Slika 27).



Slika 25. Vertikalni profil temperature na 3 postaje na Strugi



Slika 26. Vertikalni profil promjene saliniteta na 3 postaje na Strugi



Slika 27. Vertikalni profil fluorescencije klorofila *a* na 3 postaje na Strugi

5.RASPRAVA

Istraživanja makrobentosa na području Lastova izuzetno su rijetka, te su do sad objavljena 3 znanstvena rada u kojima su obrađene ili samo pojedine vrste (Kružić i sur. 2008; Kružić 2008) ili samo pojedina skupina organizama (Novosel 2004). U ovom istraživanju obuhvaćeno je istraživanje cijelog makrobentosa na strmcu Struga otoka Lastova.

U usporedbi s gore navedenim radovima broj pronađenih vrsta bentoskih organizma u ovom radu je manji. U istraživanju Novosel i sur. 2004. pronađeno je 57 vrsta mahovnjaka na području Struge. Treba spomenuti da je i način uzorkovanja mahovnjaka prilikom tog istraživanja bio drugačiji, odnosno organizmi su se skupljali i determinirali, dok je u ovom radu determinacija rađena preko dostupnih fotografija. Svakako treba naglasiti prednosti i nedostatke metode fotografskih kvadrata. Prednosti metode fotografskih kvadrata su praktičnost, smanjenje trajanja terenskog rada i troškova, prikupljanje veće količine informacija od izravnog promatranja ili ručno prikupljenih uzoraka te stjecanje trajnih podataka. Također, fotografiranje ne ugrožava prisutne organizme. Nedostatak predstavlja dvodimenzionalnost fotografije naspram trodimenzionalnom stvarnom okolišu. Prisutne su i potencijalne pogreške prilikom raspoznavanja vrsta slične morfološke strukture upravo zbog strukture i kvalitete fotografije. Procjena bioraznolikosti područja može odstupati od stvarnog stanja, jer je nemoguće točno replicirati slojeve bioraznolikosti pojedinačnog kvadrata na čitavu okolinu (Vilaca 2018).

U usporedbi s istraživačkim radom iz 2004. (Novosel 2004.) pronađene su iste vrste mahovnjaka osim vrste *Pentpora fascialis* koja je pronađena u ovom radu te koja dominira među mahovnjacima. S obzirom da se radi o području otprilike 50 m širine, bioraznolikost mahovnjaka je mala s obzirom na ostatak Jadrana (Novosel 2004). Od zelenih algi prisutne su *Codium bursa*, *Halimeda tuna*, *Palmophyllum crasum*, *Valonia macrophysa*, te od crvenih *Amphiroa sp.*, *Dudresnaya verticillata*, *Gloiadecea repens*, *Jania rubens*, *Peyssonelia sp.* i *Messophyllum expansum*. Dosad nije bilo ciljanih istraživanja algi na ovom području, no u radu Novosel i sur. (2014) spominje se dominantnost vrste *Peyssonelia sp.* kao i u ovom radu. Od ostalih prisutnih algi prisutnost vrste *Codium bursa* zabilježena je u oba istraživanja. Vrste *Cystoseira schiffneri*, *Sargassum vulgare* su vrste algi pronađene u radu 2004. g., no u ovom istraživanju nisu pronađene. Navedene vrste nestaju na području cijelog Jadrana zbog temperaturnih anomalija (Orlando-Bonaca M. 2021).

Od spužvi prisutne su vrste *Acanthella sp.*, *Agelas oroides*, *Aplysina cavernicola*, *Chondrosia reniformis*, *Crambe crambe*, *Petrosia ficiformis*, *Phorbas sp.*, *Pleraplysilla spinifera* i *Reniera cratera*, *Spirastrella cuncatrix*. U radu iz 2004. Novosel i sur. spominju prisutnost vrste *Petrosia ficiformis* na ovom području. Dominantna vrsta spužve u ovom radu je *Chondrosia reniformis*. U odnosu na prethodno istraživanje na ovom području (Novosel i sur. 2004.) pronađena je veća raznolikost spužvi. Devet od deset spužvi pronađenih u radu prisutne su na dubini od 40 m, dakle na području koje nije pod utjecajem valova.

Od koralja prisutni su *Corallium rubrum* i *Leptopsammia pruvoti*. Vrsta *Leptopsammia pruvoti* dominantna je vrsta koralja na ovom području posebno na dubini od 40 m. U prijašnjim istraživanjima ovog područja nema podataka o koraljima, no u usporedbi s ostatkom bentosa Jadrana navedene dvije vrste su među najprisutnijim vrstama koralja u Jadranu (Kružić 2002). Koralji su izrazito osjetljivi na povećanje temperature koja dovodi do izbjeljivanja i visokog mortaliteta koralja. S obzirom da su pronađeni na dubini bez utjecaja valova vezanih uz otok ovakve promjene na koraljima nisu zabilježene.

Od bodljikaša prisutne su 2 vrste zvjezdača *Echinaster sepositus* i *Peltaster placenta*. Obzirom da nema podataka o istraživanju o bodljikašima s ovog područja, uspoređujući ove vrste s ostatkom Jadrana može se zaključiti da su pronađene vrste među češćim zvjezdačama unutar bentoske zajednice Jadranskog mora (Turk 2011).

Od sesilnih mnogočetinaša u ovom radu pronađene su vrste *Protula sp.* i *Filograna sp.* Ne postoje podaci o prisutnosti mnogočetinaša na ovom lokalitetu, no u usporedbi s istraživanjem vrsta mnogočetinaša ostatka Jadrana, ove vrste dolaze s velikom učestalosti (Turk 2011).

Od obrubnjaka u ovom radu prisutna je vrsta *Aglaophenia sp.*, također neistražena skupina organizama za ovo područje. Navedena vrsta inače je prisutna u Jadranskom moru (Turk 2011).

Uspoređujući dubine na kojima su uočene vrste na fotografijama bentosa Lastova s dubinama na kojima one uobičajeno žive može se zaključiti imaju li okolišni čimbenici utjecaja na njihovu rasprostranjenost. Veća bioraznolikost bentoskih organizama pronađena je na većoj dubini, od 40 m. Mahovnjak *Smittina cervicornis* primjećen je samo na dubini od 25 m, iako može biti prisutan i na dubinama do 100 m (Turk 2011). Alga *Palmohyllum crasum* se inače nalazi na dubinama od 1 do 20 m (Turk 2011), međutim, u ovom radu je pronađena je i na fotografijama dubine 40 m. Spužva *Chondrosia reniformis* često se nalazi na stjenovitim

podlogama i u rupama na dubinama od 3 do 30 m, no na dobivenim fotografijama vidljiva je i na dubini od 40 m. Spužva *Acanthella* sp. inače obitava na dubinama od 10 do 50 m (Turk 2011), no u ovom radu je pronađena samo na 40 m dubine.

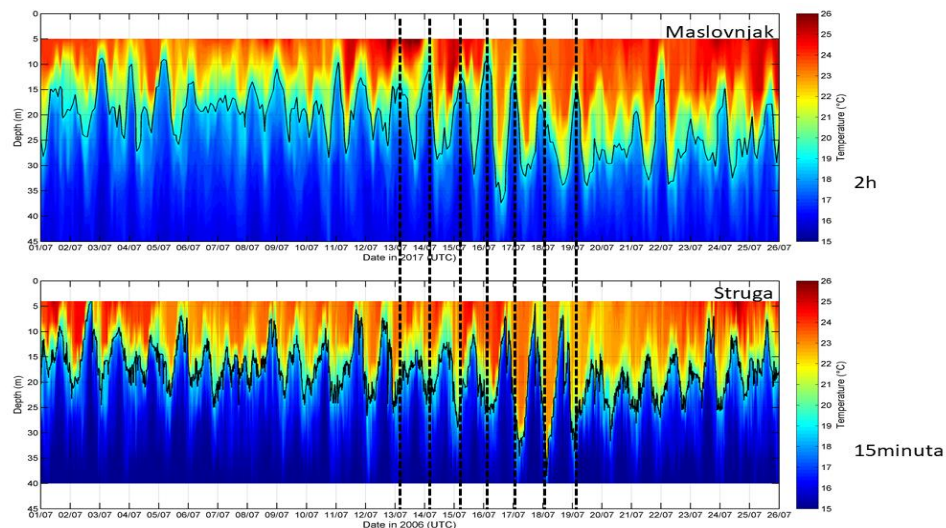
Spužva *Reniera cratera* karakteristična je na ulazima u podmorske šupljine na dubinama od 15 do 50 m (Turk 2011), dok je na dobivenim fotografijama uočena samo na dubini od 40 m. Obrubnjak *Aglaeophenia* sp. uglavnom živi u plitkoj vodi gornjeg infralitorala gdje se naseljava na druge organizme poput algi. Nalazi se na dubinama od 1 do 50 m, dok na fotografijama u ovom istraživanju pronađen je samo na dubini od 40 m (Turk 2011).

S obzirom na već opisano dnevno mijenjanje termokline, razlog zašto navedene vrste pronalazimo na plićim ili dubljim mjestima nego uobičajeno možda je upravo pokušaj prilagodbe organizama na promjenjive uvjete. Ako se pogleda promjena temperatura između 10 i 30 m dubine (Slika 25), može se pretpostaviti kako organizmi potencijalno naseljavaju prostor koji se nalazi dublje od granice termokline kako ne bi bile pod utjecajem temperaturnog stresa. Pomoću CTD sonde i rezultata senzora za temperaturu na istoj poziciji u istraživanjima 2006. i 2017. godine primijećene su snažne dnevne varijabilnosti u temperaturi na dubinama od 10 do 30 m. Obzirom da su bentoski organizmi osjetljivi na oscilacije temperature, ti podaci daju mogući odgovor na to zašto je manja raznolikost i zastupljenost bentoskih organizama na istraženim strmcima. Za razliku od bentosa, plankton ima veću rezistenciju na promjenjivost okoliša. U ovom radu zabilježen je potpovršinski maksimum klorofila *a* ispod termokline na dubini od 30 do 60m (DCM - *Deep or subsurface chlorophyll-a maximum*), što je karakteristično za Jadransko more. DCM se javlja tijekom razdoblja vertikalnog miješanja i stratifikacije u Jadranskom moru. Najčešći je između 50 i 75 m (Ninčević i sur. 2002). Plići DCM potencijalno mi mogao biti odgovor na dnevne oscilacije temperature i posljedično miješanje vodenog stupca. Temperaturne oscilacije moguće utječu na miješanje vodenog stupca i time obogaćivanja površinskih slojeva hranjivim solima i povećanu primarnu produkciju (Field i sur., 1998). Za razliku od potencijalnog pozitivnog utjecaja na primarnu produkciju u vodenom stupcu, ITW fenomen djeluje negativno na diverzitet i brojnost bentoske zajednice.

Prethodna istraživanja pokazala su prisutnost manjeg broja vrsta mahovnjaka u usporedbi sa drugim dijelovima bentosa u Jadranu (Novosel 2002). Isti slučaj je i sa drugim vrstama bentoskih organizama gdje je zabilježena manja bioraznolikost u odnosu na ostatak Jadrana uzimajući u obzir broj pronađenih vrsta unutar fotografija u ovom radu u usporedbi s

brojem vrsta pronađenih na drugim dijelovima bentosa na Jadranu (Novosel 2002; Kružić i sur. 2008; Kružić 2008).

ITW fenomen je potvrđen u Lastovskom arhipelagu (Mihanović i sur., 2009; Orlić i sur., 2011) uspoređujući rezultate svih do sada istraživanih godina sa mjerenjima 2016. i 2017. (prikazane u ovom radu). Možemo pretpostaviti je diverzitet, brojnost i vertikalna raspodjela bentoskih organizama uvjetovani s zabilježenim dnevnim oscilacijama termokline. Izrazito je zanimljivo da kad smo usporedili podatke varijacija temperature iz dvije različite godine (2006. i 2017.) na sjevernoj i južnoj strani otoka (Slika 26) da su temperaturne oscilacije na različitim stranama otoka su bile izvan faze, ukazujući na propagaciju unutarnjih valova oko ovog otoka u smjeru kazaljke na satu, te da su se oscilacije događale u pravilnim rasponima od 12h. Iz toga možemo zaključiti da je ITW fenomen redovit u Lastovskom otočju.



Slika 28. Usporedba varijabilnosti temperature mora tijekom testnog eksperimenta u stratificiranim uvjetima u 2017. (na sjevernoj strani otoka, Maslovnjak) s varijabilnosti temperature mora 2006. godine na jugu otoka, Struga (Izvor: Mihanović i sur 2009. i Čižmek H., Mihanović H., neobjavljeno).

Mjerenja CTD sondom koja su provedena ovim istraživanjem ukazuju da fenomen slabi od obale prema otvorenom moru, budući da je zabilježena dublja termoklina na najudaljenijoj postaji (S3). Dodatna potvrda tog fenomena bila su i istraživanja koja su provedena u srpnju 2021. godine gdje se sa učestalim mjerenjem ta pretpostavka i potvrdila (Mihanović, usmeno priopćenje).

6. ZAKLJUČAK

Tijekom istraživanja sastava i strukture makrobentosa strmaca u zaštićenom području Parka prirode Lastovsko otočje te utjecaja fenomena valova vezanih uz otok na njihov sastav i brojnost utvrđeno je da 32 vrste organizama čine bentos na strmcu Struge Parka prirode Lastovsko otočje. Zabilježeno je 10 vrsta spužvi, 10 vrsta algi, 5 vrsta mahovnjaka, 2 vrste koralja, 2 vrste zvjezdica, 2 vrste mnogočetinaša i 1 vrsta obrubnjaka.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da fenomen valova vezanih uz otok utječe na sastav i brojnost zajednice makrobentosa, gdje je potvrđen manja raznolikost organizama nego na drugim dijelovima Jadrana, te je na 40 m bio veći diverzitet nego na 25 m. Također zabilježeno je 5 vrsta koje su nađene van optimuma za razvoj tj. na većoj dubini nego što je uobičajeno: alga *Palmohyllum crasum*, spužva *Chondrosia reniformis*, spužva *Acanthella* sp., spužva *Reniera cratera*, obrubnjak *Aglaeophenia* sp. Prisutnost ITW fenomena utječe na pomicanje termokline te bentoski organizmi u uvjetima konstantnog mijenjanja temperature tokom ljetnih dana najvjerojatnije doživljavaju temperaturni šok i ovisno o njihovim sposobnostima preživljavaju, prilagođavaju se odlaskom na drugo mjesto ili pak ugibaju.

Prema podacima dobivenim u ovom radu nije bilo moguće utvrditi njihov mortalitet pod utjecajem promjena temperature, no svakako je jasno da pojedine vrste nalazimo dublje nego što one mogu biti pronađene. Za potvrdu ovakve tvrdnje potrebno je višegodišnje istraživanje navedenih postaja na isti način kako bi se rezultati mogli usporediti s prijašnjima, ne samo u vidu promjena termokline, već i u vidu promjene bentoske zajednice.

7. LITERATURA:

1. Antolić B., Špan A., Žuljević A., Nikolić V., Grubelić I., Despalatović M., Cvitković I. 2013. A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: IV. Rhodophyta 2: Ceramiales excluded. *Acta Adriatica*, 54 1, 41-66.
2. Bakran-Petricioli T. 2012. Izlaganje sa znanstvenog skupa. Helena Gamulin-Brida, istraživanja bentosa Jadranskog mora.
3. Bohnsack J. A. 1979. Photographic quantitative sampling of hard bottom benthic communities. *Bulletin of Marine Science* 29, 242-252.
4. Brink, K.H. 1999. Island-trapped waves, with application to observations off Bermuda. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 29, 93–118.
5. Buljan M., Zore-Armanda M. 1976. Oceanographical properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review* 14, 11-98.
6. Cushman-Roisin B., Gačić M., Poulain P.-M., Artegiani A. 2001. *Physical Oceanography of the Adriatic Sea*. Dodrecht, Springer Netherlands.
7. Della Casa P., Bass B., Katunarić T., Kirigin B., Radić D. 2009. An overview of prehistoric and early historic settlement, topography, and maritime connections on Lastovo Island, Croatia. *Archaeopress*, 113-136.
8. Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., Falkowski, P. 1998. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science*. 281, 237–240.
9. Hogg, N.G. 1980. Observations of internal Kelvin waves trapped round Bermuda, *Journal of Physical Oceanography*. 10, 1353–1376.
10. Huthnance, J.M. 1978. On coastal trapped waves: Analysis and numerical calculation by inverse iteration, *Journal of Physical Oceanography*. 8, 74–92.
11. Korolija, B., Borović, I, Grimani, I., Marinčić, S., Jagačić, T., Magaš, N., Milanović, M. (1968). Tumač za OGK SFRJ M 1:100 000, List Lastovo K-33-46. Institut za geološka istraživanja (1968), Savezni institut Beograd, 1977, 48 str.

12. Kružić, P. 2002. Marine fauna of the Mljet National Park (Adriatic Sea, Croatia). 1. Anthozoa. *Natura Croatica*, 11 (3), 265-292.
13. Kružić, P. 2007. Anthozoan fauna of Telašćica Nature Park (Adriatic Sea, Croatia). *Natura Croatica*, 16 (4), 233-266.
14. Kružić, P., Radić, I., Požar-Domac, A. 2008. First record of *Cladocora debilis* (Cnidaria: Anthozoa) in the Adriatic Sea. *Marine Biodiversity Records*, 1.
15. Kružić P. 2008. First records of *Cladopsammia rolandi* (Cnidaria: Anthozoa) in the Adriatic Sea. *Natura Croatica*, 17(1), 9-14.
16. Kružić, P., Popijač, A. 2015. Mass mortality events of the coral *Balanophyllia europaea* (Scleractinia, Dendrophylliidae) in the Mljet National Park (eastern Adriatic Sea) caused by sea temperature anomalies. *Coral Reefs* 34, 109-118.
17. Krstulović N. 2014. Skup značajki dobrog stanja okoliša za morske vode pod suverenitetom republike hrvatske i skup ciljeva u zaštiti morskog okoliša i s njima povezanih pokazatelja. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.
18. Lalli M. C., Parsons R. P. 1997. Benthos. U: *Biological Oceanography: An Introduction*. Oxford, Butterworth-Heinemann, str. 177-195.
19. Merrifield, M.A., Holloway, P.E. 2002. Model estimates of M2 internal tide energetics at the Hawaiian Ridge, *Journal of Geophysical Research*. 107, 1–12.
20. Mihanović H., Beg Paklar G., Orlić M. 2014. Resonant excitation of island-trapped waves in a shallow, seasonally stratified sea. *Continental Shelf Research* 77, 24–37.
21. Mihanović H., Orlić M., Pasarić, Z. 2009. Diurnal thermocline oscillations driven by tidal flow around an island in the Middle Adriatic. *Journal of Marine Systems* 78, 157–168.
22. Ninčević, Ž., Marasović, I., & Kušpilić, G. 2002. Deep chlorophyll-a maximum at one station in the middle Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(1), 9–19.
23. Novosel M., Bakran-Petricioli T., Požar-Domac A., Kružić P., Radić I. 2002. The benthos of the northern part of the Velebit Channel (Adriatic Sea, Croatia). *Natura Croatica* 11, 387-409.

24. Novosel, M., Požar-Domac, A., Pasarić, M., 2004. Diversity and distribution of the bryozoan along underwater cliffs in the Adriatic Sea with special reference to thermal regime. *Marine Ecology*. 25, 155–170.
25. Orlando-Bonaca M., Pitacco V., Lipej L. 2021. Loss of canopy-forming algal richness and coverage in the northern Adriatic Sea. *Ecological Indicators* 125, 107501.
26. Orlić M., Beg Paklar G., Dadi V., Leder N., Mihanović H., Pasari M., Pasari Z. 2011. Diurnal upwelling resonantly driven by sea breezes around an Adriatic island. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 116(9), C09025.
27. Pérès J.-M., Gamulin Brida H. 1973. *Biološka oceanografija, Bentos, Bentoska bionomija Jadranskog mora, Školska knjiga, Zagreb.*
28. Prvan M., Berković B., Jakl Z., Žuljević A., Bitunjac I., Plepel I., Dragičević B., Pleslić G. i Holcer D. 2016. *Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana. Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce, Split.*
29. Reid, R.O. 1958. Effect of Coriolis force on edge waves: (I) Investigation of the normal modes, *Journal of Marine Research*. 16, 109–144.
30. Riedl R. 1983. *Flora und Fauna des Mittelmeeres. Verlag Paul Parey, Hamburg.*
31. Smith, K.A., Merrifield, M.A., Carter, G.S. 2017. Coastal-trapped behavior of the diurnal internal tide at O‘ahu, Hawai‘i. *Journal of Geophysical Research Oceans*. 122, 4257–4273.
32. Trygonis V., Sini M. 2012. PhotoQuad: a dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424-425., 99-108.
33. Turk T. 2011. *Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, Zagreb.*
34. Villaça, R., Koutsoukos, V. 2018. Underwater photography as a tool for monitoring shallow benthic communities, in subtropical rockyshores of a marine protected area, Rio de Janeiro, Brazil.
35. Zonn, I.S., Kostianoy, A.G., Semenov, A., Joksimović, A., Đurović, M. 2021. *The Adriatic Sea Encyclopedia, Springer International Publishing, Moscow.*

Web stranice:

1. www.britannica.com (16.6.2021.)
2. Šolić M. 2005. Pregled morskih staništa. Powerpoint prezentacija : <http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA%20MORA/PREDAVANJA/03.%20PREGLED%20MORSKIH%20STANISTA.pdf> (20.7.2021.)
3. Službena web-stranica Parka Prirode Lastovsko otočje: <http://pp-lastovo.hr/> (14.8.2021.)
4. Službena web-stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda: https://meteo.hr/prognoze.php?section=prognoze_specp¶m=jadran (10.12.2021.)

Životopis

Rođen sam 1995. u Zagrebu. Moje školovanje započinje u Osnovnoj školi Stanovi u Zadru u kojoj sam postigao status učenika generacije. Za srednjoškolsko obrazovanje odlučio sam se za po rezultatima najbolju zadarsku gimnaziju, Franje Petrića. Nakon srednjoškolskog obrazovanja koje mi je pružilo mnogo znanja prvenstveno iz biologije odlučio sam upisati Preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Biološkom odsjeku, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu 2015.

U rujnu 2019. godine završio sam preddiplomski te dobio zvanje sveučilišnog prvostupnika znanosti o okolišu, a potom i upisao Diplomski studij Znanosti o okolišu.

Kroz svoje godine akademskog obrazovanja te zajedno s pomoći profesora i kolega usavršavao sam svoje znanje na interdisciplinarnom području koje moje zvanje pruža, znanosti kao što su biologija, geologija, geografija te kemija. Obučavani smo kako u teoretskom dijelu tako i u praktičnom što nas je na kraju krajeva pripremio za svijet rada. Obilazili smo razne lokacije u kojima smo istraživački pristupili uz pomoć raznoraznih uređaja te rezultate prikazivali i međusobno objašnjavali.

U sklopu studiranja bio sam član BIUS-ove Sekcije za ptice te produbio znanje o navedenim organizmima. S obzirom da sam iz Zadra, grada blizu Parka prirode Vransko jezero, jednu sezonu sam odradio kao vodič/blagajnik na ornitološkom rezervatu koji se nalazi u sklopu Parka.

Područje interesa mi se s vremena na vrijeme mijenjalo, te sam u sklopu diplomskog studija odlučio upisati kolegije koje dodiruju područje morske tematike. Pohađao sam razne simpozije studenata bioloških usmjerenja te svoje vrijeme koristio u dostupno dodatno produblivanje znanja.