

Raznolikost koralja (Anthozoa) zaštićenih morskih područja Istarske županije

Ivančić, Andrea

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:217:755080>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Andrea Ivančić

Raznolikost koralja (Anthozoa) zaštićenih morskih područja
Istarske županije

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Ovaj rad izrađen je u Laboratoriju za biologiju mora na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Petra Kružića. Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Ekologije i zaštite prirode.

ZAHVALE

Ovim putem se zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Petru Kružiću na ukazanoj stručnoj pomoći i vodstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala obitelji, posebno mami Nataši i teti Tanji, koji su uvijek bili uz mene, pružajući mi ljubav i podršku tijekom studiranja.

Veliko hvala i svim mojim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Raznolikost koralja (Anthozoa) zaštićenih morskih područja Istarske županije

Andrea Ivančić

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Popisivanje morske faune nužna je pretpostavka za uspješno planiranje zaštite i gospodarenja u zaštićenim područjima u hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Tek se u posljednjih desetak godina sustavno istražuje fauna koralja u sjevernom Jadranu, s posebnim naglaskom na zaštićena područja. Biološka raznolikost Jadranskog mora sve je ugroženija, kako onečišćenjem gradskim i industrijskim otpadnim vodama, tako i neracionalnim iskorištavanjem bioloških dobara. U zaštićenim područjima je živi svijet i njegova raznolikost manje ugrožena nego na drugim područjima, međutim globalno zagrijavanje i anomalije u temperaturama mora, te antropogeni utjecaji ne zaobilaze niti zaštićena područja. Terenski dio istraživanja proveo se na ukupno na 12 postaja unutar zaštićenih područja Istarske županije (Nacionalni park Brijuni, Javna ustanova Kamenjak). Ukupno je na istraživanim postajama NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno 25 vrsta koralja, što je 21,6% vrsta utvrđenih za Jadransko more. Najviše vrsta koralja utvrđeno je na postajama Peneda (21 vrsta), Vrsar (21 vrsta) i Grunj (17 vrsta) u NP Brijuni, te na postajama Porer (svih 25 vrsta), Fenoliga (21 vrsta) i Franina (17 vrsta) u JU Kamenjak. Vrste koralja koje su zabilježene na svim postajama jesu: *Actinia equina*, *Anemonia viridis*, *Balanophyllia europaea*, *Cereus pedunculatus* i *Cladocora caespitosa*. S obzirom na ukupne utvrđene vrste koralja najbližije postaje su Peneda, Porer, Fenoliga i Vrsar. Najočitiije negativne promjene uslijed utjecaja povišene temperature mora utvrđene su kod populacija koralja vrste *Parazoanthus axinellae*, *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea* i *Leptopsammia pruvoti*. Tijekom istraživanja koralja u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je i intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na svim postajama, koja uz utvrđeni mukus alge *Acinetospora crinita* prekriva morsko dno i šteti sesilnim vrstama poput koralja. Na istraživanim postajama nisu utvrđene ribarske mreže i ostali ribarski alati. Zaštićena područja opravdavaju svoju svrhu, što je vidljivo i u dobivenim rezultatima ovog rada.

Rad sadrži: 55 stranica, 30 slika, 8 tablica, 36 literaturna navoda.

Jezik izvornika: hrvatski.

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: Koralji, Zaštićena područja, Istarska županija, Jadransko more

Voditelj: Dr. sc. Petar Kružić, izv. prof.

Ocjenitelji: Dr. sc. Ana Galov, izv. prof.

Prof. dr. sc. Mirta Tkalec

Rad prihvaćen: 29.10. 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

The diversity of Anthozoan fauna in the marine protected areas of the Istria county

Andrea Ivančić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The inventory of marine fauna is a necessary precondition for successful planning of protection and management in protected areas in the Croatian part of the Adriatic Sea. Only in the last ten years has coral fauna been systematically explored in the northern Adriatic, with special emphasis on protected areas. The biological diversity of the Adriatic Sea is increasingly endangered, both by pollution from urban and industrial wastewater, and by the irrational use of biological assets. In protected areas, wildlife and its diversity are less endangered than in other areas, however, global warming and anomalies in sea temperatures, and anthropogenic impacts do not bypass protected areas either. The field part of the research was conducted at a total of 12 stations within the protected areas of the Istrian County (Brijuni National Park, Public Institution Kamenjak). A total of 25 coral species were identified at the investigated stations Brijuni National Park and Kamenjak Public Institution, which is 21.6% of the species identified for the Adriatic Sea. Most coral species were found at the stations Peneda (21 species), Vrsar (21 species) and Grunj (17 species) in NP Brijuni, and at the stations Porer (all 25 species), Fenoliga (21 species) and Franina (17 species) JU Kamenjak. The coral species recorded at all stations are: *Actinia equina*, *Anemonia viridis*, *Balanophyllia europaea*, *Cereus pedunculatus* and *Cladocora caespitosa*. Considering the total identified coral species, the most similar stations are Peneda, Porer, Fenoliga and Vrsar. The most obvious negative changes due to the influence of high sea temperature were found in populations of corals of the species *Parazoanthus axinellae*, *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea* and *Leptopsammia pruvoti*. During the research of corals in NP Brijuni and JU Kamenjak, intensive spread of invasive alga *Caulerpa cylindracea* Sonder was found at all stations, which with the established mucus of alga *Acinetospora crinita* covers the seabed and damages sessile species such as coral. No fishing nets and other fishing tools were found at the investigated stations. Protected areas justify their purpose, which is evident in the results of this work.

Thesis contains: 55 pages, 30 figures, 8 tables, 36 references.

Original in: Croatian.

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: Corals, Protected areas, Istria County, Adriatic Sea

Supervisor: Dr. Petar Kružić, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Ana Galov, Assoc. Prof.

Dr. Mirta Tkalec, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 29.10. 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Osnovna obilježja sjevernog Jadrana	1
1.2. Morska zaštićena područja	3
1.3. Nacionalni park Brijuni	5
1.4. Javna ustanova Kamenjak	6
1.5. Razred koralji (Anthozoa)	8
1.5.1. Biologija koralja.....	9
1.5.2. Razmnožavanje koralja	12
1.5.3. Rasprostranjenost i biološka raznolikost.....	12
2. PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	14
2.1. NP Brijuni.....	14
2.2. JU Kamenjak	15
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	16
4. MATERIJALI I METODE	16
5. REZULTATI.....	18
5.1. Utvrđene životne zajednice na istraživanim postajama.....	18
5.2. Raznolikost koralja na istraživanim postajama	19
5.3. Praćenje stanja koralja na istraživanim postajama	23
5.3.1. <i>Parazoanthus axinellae</i> Schmidt, 1862	25
5.3.2. <i>Cladocora caespitosa</i> (Linnaeus, 1767)	26
5.3.3. <i>Balanophyllia europaea</i> (Risso, 1826)	29
5.3.4. <i>Caryophyllia inornata</i> (Duncan, 1878).....	32
5.3.5. <i>Leptopsammia pruvoti</i> Lacase-Duthiers, 1897	34
5.4. Negativni utjecaji na raznolikost koralja na istraživanim postajama	37
6. RASPRAVA.....	40
7. ZAKLJUČCI.....	43
8. LITERATURA.....	44

1. UVOD

1.1. Osnovna obilježja sjevernog Jadrana

Jadransko more predstavlja najsjeverniji te najplići dio Sredozemnog mora, te se uvelike po karakteristikama razlikuje od ostalih dijelova Sredozemnog mora, naročito u sjevernom dijelu koji je zatvorenog tipa te se u njega ulijeva rijeka Po. Sjeverni Jadran možemo podijeliti na dvije subregije: Istra (od Piranskog zaljeva do rta Kamenjak) i Kvarner (istočna obala Istre, opatijska rivijera, riječko priobalje, vinodolsko-crikvenička rivijera, velebitsko podgorje i kvarnerski otoci) (Favro i Saganić, 2017). Istra je poluotok na sjevernom dijelu Jadrana, površine 3476 km², od toga 3130 km² u Hrvatskoj i 346 km² u Sloveniji. Zasebno geomorfološko obilježje Istre njezino je obalno područje. Potopljeni krški reljef karakterističan je za južnu i zapadnu obalu Istre. Dno sjevernog Jadrana imalo je sve do kraja ledenih doba obilježja kopna kojeg su tijekom zaleđivanja prekrivali debeli slojevi riječnih sedimenata. Pri kraju pleistocena dno Jadranskog bazena u prosjeku se snizilo za oko 100 metara. More je zalilo područje sjevernog Jadrana i mnoge doline rijeka na istočnoj obali (Rašu, Krku) (Polšak, 1965).

Kinematička i dinamička svojstva Jadranskog mora, zbog njegovog zemljopisnog položaja, su u prvom redu određena meteorološkim uvjetima, topografijom okolnog područja, te batimetrijom (Cushman-Roisin i Korotenko, 2007). Morske struje u Jadranskom moru po svom postanku spadaju u gradijentske struje te su dio općeg sustava strujanja Sredozemnog mora. S obzirom na vertikalni raspored tipova vode, Jadranske vode možemo podijeliti na tri sloja: površinski, intermedijarni te pridnjeni (Jardas i sur., 2008). Uz istočnu jadransku obalu teče glavna Sredozemna struja, a njezina bočna grana je upravo Jadranska površinska morska struja. Ova struja okreće se uz zapadnu obalu Istre te svoj puta nastavlja prema jugu uz istočnu jadransku obalu natrag u Sredozemni bazen. Kao i većina struja u Jadranu, jadranska površinska struja je spora. Toplija i slanija voda u Jadran dolazi putem sredozemnih struja dok jadranske struje u Sredozemlje donose hladniju vodu bogatu kisikom. S obzirom na temperaturu, salinitet i gustoću, razlikujemo tri vrste jadranske vode a to su: sjevernojadranska voda, srednojadranska voda i južnojadranska voda. Smatra se da sve tri vrste vode radi površinskog hlađenja i vertikalnog miješanja pojedinih slojeva nastaju zimi (Turk, 2011). Sjeverni dio Jadrana je plitak i njegove su dubine rijetko veće od 50 metara. Premda miješanju mora pridonose i najčešći vjetrovi ovog podneblja, bura i jugo, u većem dijelu godine prevladava strujanje uvjetovano morskim mijenama čiji smjer ovisi o plimnim

kolebanjima (amplitude plimnog vala iznose između 50 cm do maksimalno 90 cm), a odvija se približno paralelno s obalom (Orlić i sur., 1994).

Gledajući produktivnost, Jadran svrstavamo u nisko produktivna (oligotrofna) mora. Ipak, na regionalnoj razini postoje pojedini dijelovi Jadranskog mora, koji su zbog različitih morfoloških i hidrografskih svojstava odlikovani različitom produktivnošću. Upravo donos slatkih voda, znatnih količina hranjivih soli i drugih otopljenih tvari terigenog i biogenog porijekla rijekama sjevernojadransko-alpskog sliva, bitno utječe na sezonske promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava sjevernog Jadrana (Degobbis, 1989). Iako oligotrofno more, obzirom na periodični donos hranjivih tvari u sjevernom Jadranu, povremeno se javljaju evidentni znakovi eutrofikacije (naročito ljeti) (Degobbis i sur., 1979). Buljan (1964) navodi podjelu Jadrana u četiri produkcijske zone (A-D) (Slika 1). Zona B i D karakteristične su za sjeverni Jadran. Zona B predstavlja sjeverozapadni dio Jadrana, sjeverno od spojnice Ancona – Dugi otok. Ovaj dio Jadranskog mora zauzima 23% ukupne površine Jadrana, a obilježava ju voda bogata hranjivim solima koje u to područje dopijevaju sjevernojadranskim rijekama, visoka produktivnost, nizak salinitet te mala dubina. U zonu D koja pokriva oko 1-2% ukupne površine Jadrana spadaju riječna ušća te plitki priobalni zaljevi, a karakteristična su po snažnim utjecajem kopna, slatkoj vodi te prema najvećoj produktivnosti (Jardas i sur., 2008). Posljedica velike koncentracije hranjivih tvari zbog dotoka rijeka, ponajviše rijeke Po, te komunalnih voda osim veće produktivnosti je i veće onečišćenje sjevernog Jadrana. Zbog veće količine organskih i anorganskih čestica bistrina mora je mnogo manja, u najboljim uvjetima oko 20 metara, a more je zelenkaste boje (Turk, 2011).



Slika 1. Regionalna podjela Jadranskog mora prema visini organske produkcije. Zone produkcije označene su duž regije Jadrana slovima od A do D te različitim nijansama zelene boje (preuzeto iz Jardas i sur., 2008).

U sjevernom Jadranu prevladavaju pjeskoviti i pjeskovito-detritički elementi s većom ili manjom primjesom mulja. Zbog razmjerne plitkosti temperaturne varijacije su uvelike izražene u površinskim slojevima vode. Prosječni minimum temperature mora u cijelom vodenom stupcu iznosi oko 9 °C (veljača-ožujak), a maksimum oko 25 °C na površini (kolovoz). Ove vrijednosti su reprezentativne za pliće dijelove obalnog područja zapadne Istre, odnosno za područje pod utjecajem voda sniženog saliniteta koje se stvaraju na području delte rijeke Po. Tijekom većeg dijela godine salinitet morske vode uz zapadnu obalu Istre iznosi oko 38‰, no potkraj proljeća i ljeti u godinama povišenog protoka rijeke Po i drugih rijeka sjevernojadranskog sliva salinitet iznosi 34-37‰ (Artegiani i sur., 1997).

1.2. Morska zaštićena područja

More se, kao i svi ekosustavi, sastoji od niza različitih staništa u kojima živi mnoštvo biljnih i životinjskih vrsta. Promjene u ekosustavu ljudi najlakše uočavaju kroz promjene broja i sastava vrsta na nekom području. Očuvanje pojedinih vrsta ne može biti uspješno niti dugotrajno ukoliko se istovremeno ne radi i na zaštiti staništa u kojem ta vrsta živi, a upravo je uništavanje staništa jedan od glavnih uzroka nestanka pojedinih vrsta (Turk, 2011). More i

morski okoliš od strateškog su značaja za Republiku Hrvatsku. Njegova zaštita, očuvanje i obnavljanje prirodnih datosti imaju za cilj očuvanje biološke raznolikosti i morskih ekosustava kako bi se omogućila i osigurala održiva uporaba morskih resursa na dobrobit sadašnjih i budućih generacija (Bakran-Petricioli, 2011).

Pojam „zaštićena morska područja“ (Marine Protected Areas MPA) predstavlja sveobuhvatan pojam pod kojim se podrazumijevaju zaštićena područja koja uključuju određena područja morskog okoliša i/ili bioraznolikosti. Prema IUCN-u (International Union for Conservation of Nature) definiraju se kao bilo koja područja mediolitorala ili sublitorala, zajedno s vodenim stupcem iznad njega i pripadajućom florom, faunom, povijesnim i kulturnim značajkama, koje su određene zakonom ili na drugi učinkoviti način kako bi se zaštitilo obuhvaćeno područje u njegovom dijelu ili cjelini (Kelleher, 1999). Revidirana definicija prema IUCN-u dana je 2008. godine i glasi: „Zaštićeno područje je jasno definiran geografski prostor, prepoznat, namijenjen i upravljani, kroz zakonske ili druge učinkovite načine, kako bi se postiglo dugoročno očuvanje prirode pripadajućim uslugama ekosustava i kulturnim vrijednostima“ (Dudley, 2008).

Svrha uspostave morskih zaštićenih područja je višestruka i obuhvaća očuvanje prirode i bioraznolikosti, javno obrazovanje, razvoj turizma, zaštitu referentnih područja za znanstvena istraživanja, eksport ribljih jaja, ličinki i odraslih jedinki na susjedna područja te upravljanje različitim namjenama mora (npr. komercijalni ribolov, rekreacijski ribolov, rekreacijska vožnja čamcima i turizam) na takav način da se aktivnosti ne sukobljavaju međusobno niti s ciljevima očuvanja (Stagličić, 2013).

Kod zaštite prirode i bioraznolikosti te uspostave zaštićenih područja svakako treba spomenuti ekološku mrežu Europske unije – NATURA 2000 osnovanu 2001. godine. Ona predstavlja mrežu zaštićenih područja prirode koja se rasprostire na području Europske unije, što je čini najvećom mrežom zaštićenih područja na svijetu. Njen cilj je očuvanje ili ponovna uspostava povoljnog stanja za više od tisuću ugroženih i rijetkih vrsta te oko 230 prirodnih i polu-prirodnih stanišnih tipova. Sastoji se od Područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (POVS), koje su odredile države članice u skladu s Direktivom o staništima (92/43/EEC), te od Područja očuvanja značajna za ptice (POP) određenih Direktivom o pticama (79/4097EEC) (https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm). Područja unutar mreže podijeljena su u 9 bio-geografskih regija, a obuhvaćaju kako kopnena tako i morska staništa i vrste. Predviđa se da će uspostava mreže morskih zaštićenih područja u sklopu NATURA 2000 značajno doprinijeti, ne samo cilju zaustavljanja gubitka bioraznolikosti u EU, nego i široj zaštiti mora i njegovom održivom korištenju. Odabir

NATURA 2000 područja temelji se isključivo na znanstvenim kriterijima, a upravljanje područjima uzima u obzir interes i dobrobit ljudi koji u njima žive. U Republici Hrvatskoj, ekološka mreža NATURA 2000 proglašena je Uredbom o ekološkoj mreži (NN 124/13, NN 105/15). Zakonom o zaštiti prirode zaštićeno je 420 područja na ukupno 7502,66 km² što čini 8,56 % ukupnog teritorija Republike Hrvatske (Narodne novine 80/13: Zakon o zaštiti prirode). Prioritetni morski stanišni tipovi „Naselja posidonije (Posidonion oceanicae)“ i „Obalne lagune“ utvrđene su u 104, odnosno 21 području. Morskih područja pod zaštitom NATURA 2000 utvrđeno je pak ukupno 245 i to 236 područja očuvanja značajnih za vrste i stanišne tipove te 9 područja očuvanja značajnih za ptice, što zauzima površinu obalnog mora od 16,39% (Brozan, 2018).

1.3. Nacionalni park Brijuni

Brijuni su otočje i nacionalni park u zapadnom dijelu Istre, nasuprot mjesta Fažana, te se sastoje od 14 otoka i otočića (Slika 2). Sadašnje granice Nacionalnog parka Brijuni utvrđene 1999. godine obuhvaćaju otoke i okolno more s podmorjem te im ukupna površina iznosi oko 3.395,00 ha, od čega na morski dio otpada 2.651,70 ha. Brijuni su 27. listopada 1983. godine proglašeni Nacionalnim parkom. Otoci nacionalnog parka su Veliki Brijun, Mali Brijun, Sv. Marko, Gaz, Okrugljak, Supin, Supinić, Galija, Grunj, Vanga (Krasnica), Pusti otok (Madona), Vrsar, Sv. Jerolim i Kozada. Najrazvedeniji otoci su Veliki Brijun (25,9 km obalne linije) i Mali Brijun (8,3 km obalne linije). Obale su uglavnom kamenite, a u uvalama prevladava pjeskovito-šljunkovit sediment.

Brijuni se ističu posebnim klimatskim, pejzažnim i kulturno-povijesnim karakteristikama. Brijuni su klimatski dio sjevernoga Sredozemlja i nose obilježja zapadnoistarske obale sa srazmjerno visokom vrijednošću relativne vlage u zraku (76%). Srednja godišnja temperatura iznosi 13,9°C, prosječna godišnja količina oborina 817 mm, dok je godišnji prosjek sati osunčanja oko 2350. Ono što je specifično brijunskom otočju je izrazita bioraznolikost zahvaljujući geografskom položaju, geološkoj podlozi i geomorfologiji, raznolikosti staništa i otočnoj izoliranosti. Biološku raznolikost dodatno je obogatio čovjek svojim tradicionalnim gospodarenjem. Fauna na otocima, posebno na Velikom Brijunu pored autohtonih vrsta obogaćen je i mnogobrojnim unesenim vrstama koje nisu svojstvene ovom staništu, ali su se dobro aklimatizirale zahvaljujući povoljnim mikroklimatskim uvjetima. Zauzimanjem nekada poljoprivrednih površina i krčenjem dijela

šumskih površina te pretvaranjem u parkove i prostrane travnjake, isto tako otoke dijelom prekrivaju bujne šume hrasta crnike. Gotovo 80% zaštićenog prostora Nacionalnog Parka Brijuni je morska površina (dužina morske granice 22,93 km) gdje su sadržani gotovo svi izvorni elementi morskih ekosustava (NP Brijuni, 2020). Brijuni su jedno od najbolje zaštićenih morskih područja u Hrvatskoj pogotovo s obzirom na riblji fond. Činjenica da brijunsko podmorje ima 9 puta veću biomasu ribljeg fonda u odnosu na nezaštićeno područje govori o važnosti i učinkovitosti zaštite (Stagličić, 2013). Razvedenost obala, raznolikost podloga, batimetrijska konfiguracija te specifični hidrodinamički uvjeti se odražavaju i u velikoj raznolikosti litoralnih biocenoza koje su karakteristične za sjeverno - jadransku regiju i još uvijek nepromijenjene izvan utjecaja izravnih izvora onečišćenja (NP Brijuni, 2020).



Slika 2. Prikaz Nacionalnog parka Brijuni. (izvor: infofazana.hr)

1.4. Javna ustanova Kamenjak

Na području Općine Medulin nalaze se četiri zaštićena područja; park-šuma Kašteja, park-šuma Brdo Soline kod Vinkurana, značajni krajobraz Gornji Kamenjak i značajni krajobraz Donji Kamenjak i medulinski arhipelag. Sva su područja zaštićena od 1996. godine, a od 2004. godine ovim zaštićenim prirodnim vrijednostima upravlja Javna ustanova Kamenjak (JU Kamenjak, 2020). Na najjužnijem dijelu Istre smjestio se poluotok Kamenjak (Slika 3). Područje se može podijeliti na Gornji i Donji Kamenjak (Donji Kamenjak i

Medulinski arhipelag - puno ime). Zaštićena su prema smjernicama Direktive o staništima EU. Također, u sklopu zaštićenog područja nalazi se i 11 nenastanjenih otočića. Sa skoro svih strana rt je okružen morem te s visokim udjelom mora u odnosu na kopno, sadrži 30 uvala te ima mikroklimatske uvjete koji su karakteristični za otoke, vrlo malo kiše, topla i suha ljeta. Gornji Kamenjak smješten se između mjesta Premantura i Volme koje je udaljeno 10-ak kilometara od grada Pule. Predstavlja prostor iznimne krajobrazne vrijednosti prekriven različitim staništima. Naime, na Gornjem Kamenjaku zabilježeno je čak 487 različitih vrsta biljaka. Ovako velik broj biljnih svojiti na relativno malom području ukazuje na velik stupanj bioraznolikosti. Područje Donjeg Kamenjaka uvršteno je u Ekološku mrežu Natura 2000 zbog staništa i vrsta prioriternih za očuvanje. Ciljna staništa su istočno submediteranski suhi travnjaci (*Scorzoneretalia villosae*), eumediteranski travnjaci (*Thero-Brachipodietea*), mediteranske makije u kojima dominiraju borovice *Juniperus* spp., stjene i strmci (klifovi) mediteranskih obala obrasli endemičnim vrstama *Limonium* spp. Morski dio Kamenjaka odlikuje velika biološka raznolikost, gdje u površinskom sloju možemo vidjeti brojne vrste riba, školjkaša, mnogočetinaša, spužva, rakova, ježinaca, zvjezdača te morske cvjetnice. Razvojem turizma povećao se i broj posjetitelja, što je rezultiralo nakupljanjem velikih količina smeća i ugrožavanjem okoliša. (JU Kamenjak, 2020).



Slika 3. Prikaz rta Kamenjak. (izvor: istria-culture.com)

1.5. Razred koralji (Anthozoa)

Koralji su jedni od najstarijih očuvanih razreda životinja čiji fosili datiraju iz razdoblja pretkambrija, prije više od 500 milijuna godina (Aguilar, 2006). Svrstavaju se u koljeno žarnjaci (Cnidaria). Žarnjaci su radijalno simetrične životinje te se razlikuju dva tjelesna oblika: oblik polipa, koji je pričvršćen za krutu površinu (sjedilački oblik) te ima usni otvor i lovke okrenute prema gore i oblik meduze, koja može plivati (slobodno plivajući oblik) te ima usni otvor i lovke usmjerene prema dolje. Koralji su isključivo morske životinje, žive sesilnim načinom života te imaju samo polipoidnu generaciju (Habdija i sur., 2011).

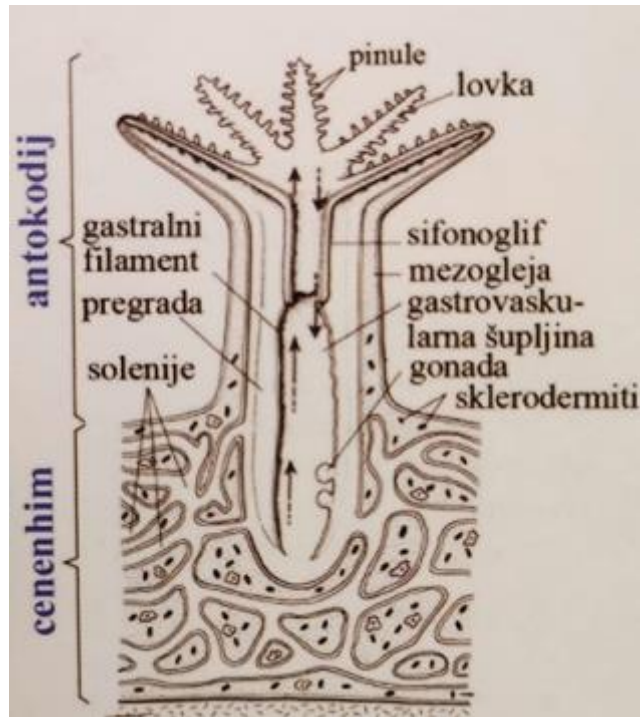
Mnogi žarnjaci izgrađuju vrlo složene zadruge pa tako i koralji mogu živjeti pojedinačno ili pak u zadrugama gdje neke skupine koralja sudjeluju u izgradnji opsežnih koraljnih grebena i otoka (atola). One vrste koje žive pojedinačno, vezane su za čvrstu podlogu ili su duboko ukopane u pijesak ili mulj. S obzirom na izgradnju koraljnih grebena dijelimo ih na one koji razvijaju grebene (hermatipične vrste) i one koji ih ne tvore (ahermatipične vrste). Hermatipične vrste uglavnom žive na manjim dubinama i u tropskim morima dok ahermatipične vrste žive najčešće u hladnijim morima (4 °C) te njihova rasprostranjenost doseže dubine do 6000 metara (Habdija i sur., 2011). Raspon dubina do koje doseže pojedina vrsta koralja može uvelike ovisiti o dostupnosti svjetla, temperaturi mora, prozirnosti, količini nutrijenata, predatorima te kompeticijskim odnosima. Temperatura i svjetlost su jedni od ograničavajućih čimbenika kod izgradnje koraljnih grebena. Koralji koji tvore grebene žive u simbiozi sa simbiotskim dinoflagelatima, zooksantelama, koje ovise o svjetlu pa samim time i naseljavaju područja one dubine do koje dopire dovoljno svjetlosti (eufotička zona) za odvijanje fotosinteze. Zooksantele imaju važnu ulogu u metabolizmu grebenotvornih zajednica. Koralji zooksantelama pružaju zaštitu, ugljikov dioksid te izvore mineralnih soli potrebne za fotosintezu, a zauzvrat ovi simbiotski dinoflagelati proizvode kisik koji je nužan koraljima. Grebenski koralji uglavnom imaju bezbojne polipe s bijelim skeletima, ono što koraljima daje boju upravo su sićušne alge zooksantele koje žive u njihovim tkivima (Rehman i sur., 2016).

Na život koralja utječu brojni čimbenici koji dovode do pada brojnosti. Glavni uzroci smanjenja bioraznolikosti koralja su: velika osjetljivost na globalne klimatske promjene, onečišćenje mora otpadnim vodama, neracionalno iskorištavanje bioloških dobara te invazivne i predatorske vrste (Aguilar, 2006). Spomenuti čimbenici kod koralja lako dovode do nekroze tkiva, odumiranje stanica u živom tkivu uzrokovan vanjskim neprirodnim

uzrocima, i izbjeljivanja koralja (eng. bleaching). Visoke temperature mora i stres zbog bolesti jedan su od glavnih uzroka izbjeljivanja koralja. Pri takvim okolnostima koraljni polipi izbace zooksantele koje žive unutar njihovih tkiva. Kako te simbiotske alge osiguravaju do devedeset posto energije koralja, koralj se bez njih dovodi do stanja gladovanja. Iako se koralji mogu oporaviti od izbjeljivanja, dugoročna izloženost može biti pogubna za čitave grebene (Rehman i sur., 2016).

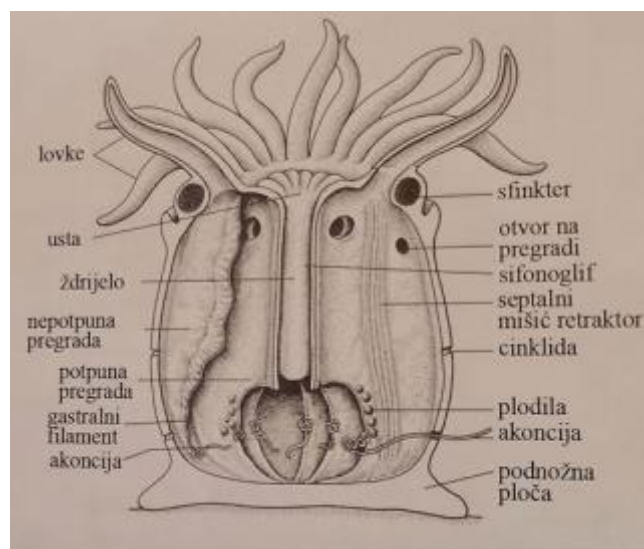
1.5.1. Biologija koralja

Koralji su morski organizmi čiji je životni ciklus ograničen na fazu polipa. Polip je podnožnom pločom učvršćen na podlogu, ima cjevasto tijelo, na čijem se vrhu nalaze ovalno izdužena usta koja su okružena lovkama raspoređenim u jedan ili više vijenaca lovki. U mnogih koralja na lovkama su perasti izdanci, pinule. Polipi su usađeni u cenenhim, želatinozna mezogleja koja čini osnovu zadruga koralja (Slika 4). U toj zadruzi postoje i pojedinačni polipi te se zovu antokodiji, a njihove su gastrovaskularne šupljine međusobno povezane gastrodermalnim sustavom cijevi tj. solenijama. Stijenka polipa građena je od tri sloja: vanjskog epiderma, unutrašnjeg ektoderma te želatinozne mezogleje koja ih razdvaja. Na vanjskoj strani polipa ili zadruga nalazi se jednoslojna epiderma koja je građena od epitelijalno-mišićnih stanica između kojih su uklinjene žarne stanice. Žarna stanica sadrži specifičan organel, žarnicu, a uloga ove složene osjetnoefektivne stanice je hvatanje plijena te obrana od prirodnih neprijatelja. Postoje različiti tipovi žarnica a to su: nematociste, spirociste i ptihociste, te tipovi žarnih stanica: namatociti, spirociti te ptihociti. Kod koralja nalazimo spirociste te ptihociste koje ne sadrže otrov već imaju ulogu pričvršćivanja organizma za podlogu. Epiderma sadrži i intersticijalne stanice te bipolarne i multipolarne živčane stanice koje su ujedno povezane u subepidermalnu mrežu. Mezogleja sadrži zvjezdaste ili ameoide stanice, želatinoznog je sastava a kod koralja se celularizira. Gastrodermu grade gastrodermalno-mišićne stanice te ona oblaže gastrovaskularnu šupljinu. Prema stupnju razgranjenja cenenhima razlikujemo nerazgranjene, perasto razgranjene te žbunasto razgranjene zadruga (Habdija i sur., 2011).



Slika 4. Schematyczny pokaz detalu zadrugi koralja. (Habdija i sur., 2011)

Koralji imaju razvijen jedan usni otvor koji ima ulogu osim ulaska hrane i izbacivanje neprobavljenih dijelova. Između usta i gastrovaskularne šupljine nalazi se ždrijelo, koje nije radijalno simetrično, ektodermalnog je podrijetla a nastalo je ingvinacijom ektoderma (Slika 5). Na ždrijelu je jedan ili više trepetljivih žljebova koji se nazivaju sifonoglify kroz koje struji voda u gastrovaskularnu šupljinu (Habdija i sur., 2011).



Slika 5. Uzdužni presjek unutrašnje građe organa u gastrovaskularnoj šupljini koralja. (Habdija i sur., 2011)

Skeleti koralja mogu biti vanjski i unutarnji. Vanjske skeletne tvorbe luči epiderma, dok unutarnje nastaju u mezogleji. Kod pojedinih vrsta koralja epiderma pri bazi pojedinačnog polipa ili na površini čitave kolonije izlučuje zaštitni egzoskelet u obliku tanke vapnenačke epiteke koji je sastavljen od vapnenca a ima zaštitnu te potpornu ulogu. Najopsežnije vanjske skelete razvijaju kameni koralji. Egzoskelet u kamenih koralja građen je od kalcij karbonata, a skelet svakog pojedinačnog polipa zove se koralit (Sheppard i sur., 2017). Epiderma u ovih koralja izlučuje zrakasto raspoređene lamele stvarajući pritom nabore epiderme na dnu gastrovaskularne šupljine. Teku koju također luči epiderma stvara cilindrični nabor epiderme, te predstavlja valjak od čijeg se ruba prema središtu čaške protežu zrakasto raspoređeni nabori epiderme, sklerosepte. U složenoj kamenoj čaški nalazi se polip koji izlučuje tabule tj. poprečne vapnenačke ploče koji slojevito dijele gastrovaskularnu šupljinu. Epitel u donjim slojevima postepeno odumire te na taj način dolazi do stvaranja slojevite vapnenačke koraljne tvorbe (Habdija i sur., 2011).

Epitelno-mišićne i gastrodermalno-mišićne stanice preuzele su funkciju kontrakcije i kretanja tijela i lovaka polipa. Gastrodermalni i epidermalni mišići djeluju antagonistički. Polipi se kreću stezanjem i rastezanjem tijela te su mišićna vlakanca povezana s motoričkim nastavcima živčanih stanica. Koralji nemaju centralizirani živčani sustav, pa funkciju primanja podražaja i njihovo provođenje ima vanjska i unutarnja difuzna mreža živčanih multipolarnih stanica. Osjetne stanice koje se nalaze se u epidermi posebno su brojne na lovkama i oko usnog otvora (Habdija i sur., 2011).

Koralji su u najvećem broju karnivori a hrane se životinjskim planktonom. Ciklus hranjenja započinje ulovom plijena pomoću lovki nakon čega plijen omame žarnicama te ga ubrzo zatim progutaju. Prva faza probave počinje u gastrovaskularnoj šupljini te se zove ekstracelularna probava. Žljezdane stanice gastroderme luče probavne enzime, prvenstveno proteaze i lipaze. U gastrovaskularnoj šupljini dolazi do usitnjavanja plijena do sitnih čestica i makromolekula pri čemu sadržaj neprestano cirkulira pomoću bičastih stanica gastroderme. Usitnjenje čestice hrane fagocitiraju gastrodermalne stanice u kojima započinje intracelularna probava. Neprobavljene ostatke hrane koralji izbacuju kroz usni otvor (Aguilar, 2006). Za izgradnju masivnih skeleta, koje izlučuju koralji graditelji grbena, potrebna je energija, stoga u mnogih koralja već spomenute alge, zooksantele, pridonose njihovoj prehrani. Koralji u čistim tropskim vodama ne mogu uloviti dovoljnu količinu planktona kako bi osigurali dovoljno energije, pa se oslanjaju na alge zooksantele. S viškom organske tvari koje stvaraju alge hrani se koralj (Rehman i sur., 2016).

Kako koralji nemaju posebne organe za disanje, a ni organe za izlučivanje produkata metabolizma funkciju izmjene plinova i izlučivanja preuzela je stijenka tijela na lovkama i cilindričnom tijelu. Cilijarne stanice na epidermi imaju funkciju pokretanja cirkulacije vode po površini tijela, što pospješuje difuzijsku izmjenu metaboličkih plinova (Habdija i sur., 2011).

1.5.2. Razmnožavanje koralja

Kod koralja razmnožavanje može biti spolno i nespolno. Tip i način razmnožavanja je najčešće karakterističan za vrstu, no nerijetko dolazi i do toga da se pripadnici iste vrste razmnožavaju na više načina (Richmond, 1997). Postoji više načina nespolnog razmnožavanja: pupanje, uzdužno dijeljenje, poprečno dijeljenje (paratomija) i pedalna laceracija. U zadružnih oblika novi polipi nastaju pupanjem. U poprečnom dijeljenju nove jedinke nastaju kao pupovi na lovkama. Pri pedalnoj laceraciji podnožna ploča jednostavno se raspada i iz svakog djelića podnožne ploče razvija se nova jedinka (Habdija i sur., 2011). Koralji su u najvećem broju gonohoristi (jednospolci) pri čemu razvijaju polipe različitog spola, no postoje i vrste koji su hermafroditi (dvospolci) te njih najčešće nalazimo na koraljnim grebenima u tropskim morima. Gonade se kod koralja razvijaju u gastrodermi pregrada (septa) pojedinog polipa. Zrele gamete ispuštaju se u gastrovaskularnu šupljinu te kroz usni otvor izlaze u slobodnu morsku vodu nakon čega dolazi do vanjske oplodnje. Kod dvospolnih oblika oplodnja se odvija u gastrovaskularnoj šupljini. Iz oplođenog jajeta razvija se trepetljikava ličinka planula koja se nakon plivanja u vodi pričvrsti na dno i razvija pojedinačnog ili zadružnog koralja (Habdija i sur., 2011). Kod pojedinih koralja utvrđeno je i razmnožavanje partenogenezom (Gashout i Ormond, 1979). Također kod nekih vrsta postoji i sinkronizirano otpuštanje gameta koje koralji koriste radi preživljavanja što većeg broja mladih polipa, pri čemu dolazi do otpuštanja gameta u isto vrijeme. Sinkronizirano parenje većinom je određeno mjesečevim mijenama (Coma i sur., 1995).

1.5.3. Rasprostranjenost i biološka raznolikost

Koralji su stenohalini morski organizmi. Raspon dubina koje naseljavaju doseže sve do 6000 metara. Temperatura mora te osvjetljenost, vrlo su važni faktori koji utječu na dubinu pri kojoj će se pojedina vrsta koralja razviti. Koralji većinom preferiraju stjenovita

područja te ona bez previše osvjetljenosti. Sedimentiranjem sitnih organskih i anorganskih čestica u priobalnom moru nastaju sekundarna rahla dna, nepovoljna za razvoj koraljnih zajednica. Do danas je ukupno 116 vrsta koralja utvrđeno za Jadransko more. Ove vrste čine oko 65 posto poznatih vrsta iz Sredozemnog mora, a 36 vrsta koralja iz Jadrana endemi su Sredozemnog mora (Habdija i sur., 2011). U Jadranskom moru nalazi se najveći koraljni greben koji izgrađuju kolonije vrste *Cladocora caespitosa*. Njegova površina je oko 650 m² na nalazi se kod otoka Mljeta na samom ulazu u Veliko jezero. To mjesto je ujedno vrlo dobro osvjetljeno te posjeduje jako dobro strujanje pa lako dolazi do hranjivih tvari (Kružić i Požar-Domac., 2003). Na mjestima gdje se nalazi *Cladocora caespitosa* možemo i naći solitarni kameni koralj *Balanophyllia europaea* koji naseljava kamenite podloge, a može se i nalaziti tik pod površinom mora (Turk, 2011). Jedne od vrsta koralja koji nastanjuju zamračena područja kao što su špilje i polu-špilje su: *Caryophyllia inornata*, *Madracis pharensis* i *Thalamophyllia gasti* (Kružić i sur., 2002). Koralji često naseljavaju i šljunkovita te pješčana dna a za ovakav tip dna specifične su vrste: *Funiculina quadrangularis*, *Virgularia mirabilis* i *Pennatulula phosphorea* (Bakran-Petricioli, 2011).

Koralji kao najbrojniji razred u koljenu žarnjaka broje gotovo 6000 poznatih vrsta koje su taksonomski podijeljeni u dva podrazreda: Zoantharia (Hexacorallia) i Alcyonaria (Octocorallia). Predstavnici podrazreda Zoantharia (Hexacorallia) imaju šesterozrakastu simetriju. U nekih vrsta potpune i nepotpune septe su parne. Osim zadružnih oblika, poznati su i solitarni. Najpoznatiji zadružni oblici su kameni koralji, a od solitarnih moruzgve. U svim svjetskim morima opisano je oko 4000 vrsta. U Jadranskom moru živi oko 80 vrsta ove skupine koralja. Predstavnici podrazreda Alcyonaria (Octocorallia) imaju osam lovki te im je gastrovaskularna šupljina s osam pregrada podijeljena na osam odjeljaka. Većinom žive u zadrugama, a poznato ih je više od 2000 vrsta. U većine predstavnika Alcyonaria biologija razmnožavanja slabo je poznata. Specifični su po različitim obojenjima jer unutar epiderme sadržavaju različite pigmente: karotenoidi, porfirini i citokromi (Habdija i sur., 2011).

Od 116 vrsta koralja u Jadranskom moru, 91 vrsta pripada podrazredu šesterolovkaša, Zoantharia, a 25 vrsta pripada podrazredu osmerolovkaša, Alcyonaria (Kružić, 2020).

2. PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

2.1. NP Brijuni

Istraživanja u NP Brijuni napravljena su u rujnu 2018. i rujnu 2019. godine. Istraženo je 7 postaja unutar parka (Slika 6). Izabrane postaje birane su na način da su uzeti u obzir ekološki čimbenici (dubina, morska strujanja) i izloženost obale (otvoreno more i uvale). Dvije postaje nalaze se u uvalama (Javorika i Kastrum), četiri na zapadnom dijelu parka (otočići Vrsar, Grunj, Galija i Gaz) okrenute prema otvorenom moru i jedna na južnom dijelu parka (Rt Peneda).



Slika 6. Istraživane postaje (crvene točke) u NP "Brijuni".

Istraživane postaje u NP "Brijuni":

Javorika (N 44° 54' 21, E 13° 45' 54)

Kastrum (N 44° 54' 30, E 13° 45' 13)

Vrsar (N 44° 53' 57, E 13° 44' 21)

Grunj (N 44° 54' 50, E 13° 42' 56)

Galija (N 44° 55' 02, E 13° 43' 38)

Gaz (N 44° 56' 12, E 13° 43' 03)

Peneda (N 44° 53' 14, E 13° 45' 06)

2.2. JU Kamenjak

Istraživanja u JU Kamenjak napravljena su u rujnu 2018., te lipnju i rujnu 2019. godine. Istraženo je 5 postaja unutar javne ustanove (Slika 7). Na istočnoj strani nalaze se postaje Rt Školjić i Rt Franina, a na zapadnoj uvali Polje, otočić Fenoliga i otočić Porer.



Slika 7. Istraživane postaje (crvene točke) u JU "Kamenjak".

Istraživane postaje u JU "Kamenjak":

Rt Školjić (N 44° 47' 05, E 13° 55' 10)

Rt Franina (N 44° 54' 30, E 13° 45' 13)

Polje (N 44° 47' 07, E 13° 54' 15)

Fenoliga (N 44° 46' 13, E 13° 55' 33)

Porer (N 44° 45' 25, E 13° 53' 24)

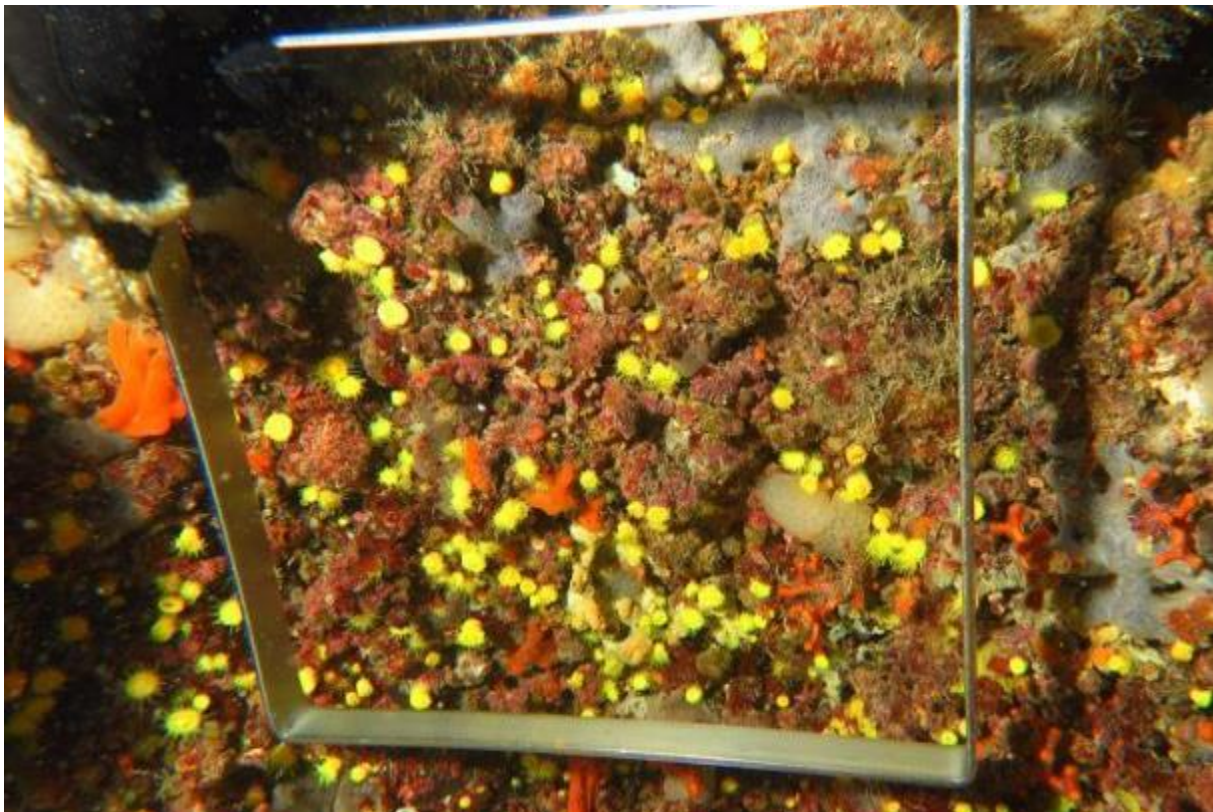
3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi raznolikost faune koralja na 12 odabranih postaja unutar zaštićenih područja Istarske županije (Nacionalni park Brijuni, Javna ustanova Kamenjak). Posebna pozornost ovog rada usmjerena je na ugrožene i zaštićene vrste koralja. Uz popis faune koralja, utvrdit će se njihova dubinska rasprostranjenost i stupanj ugroženosti vrsta. Dobivenim podacima dobio bi se uvid u trenutno stanje vrsta i biocenoza, te bi se lakše mogla planirati zaštita. Istražit će se i uzroci negativnih utjecaja poput klimatskih promjena, negativan utjecaj intenzivnog ribarstva, onečišćenja mora i pojava invazivnih vrsta (poput invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder).

4. MATERIJALI I METODE

Terenski dio istraživanja napravljen je na 12 postaja unutar zaštićenih područja Istarske županije (Nacionalni park Brijuni, Javna ustanova Kamenjak) ronjenjem s autonomnom ronilačkom opremom tijekom 2018., 2019. i 2020. godine. Na istraživanim postajama utvrdile su se životne zajednice i zabilježili utvrđeni koralji. Vrste koralja koje nije bilo moguće odrediti tijekom terenskog istraživanja, sakupljene su i određene u laboratoriju (JU Kamenjak i Laboratorij za biologiju mora Zoologijskog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu). Za određivanje vrsta koristila se slijedeća literatura: Aguilar (2004); Turk (2011); Zavodnik i Šimunović (1997); Pax i Muller (1960) i Zibrowius (1980). Tijekom istraživanja na postajama snimljene su podvodne fotografije staništa i vrsta, te skicirani istraživani profili. Napravljena je baza utvrđenih staništa, te baza pripadajuće faune koralja koje će zaštićena područja (NP Brijuni i JU Kamenjak) koristiti u budućem monitoringu staništa. Za karakteristične i česte vrste koralja za sjeverni Jadran utvrđeno je njihovo stanje, brojnost živih i uginulih jedinki ili kolonija, prisutnost nekroze tkiva polipa na površini dimenzija 25 x 25 cm (Slika 8). Za sve vrste čiji je postotak uginulih jedinki ili kolonija veći od 20% potvrđen je status pojačanog negativnog utjecaja (Bianchi, 1997). Za svaku istraživanu postaju bilježila se prisutnost invazivne alge *Caulerpa cylindracea*, moguća prisutnost ribolovnog alata (ribarske mreže i vrše), te moguće onečišćenje mora. Temperatura mora izmjerena je na dubini od 5 metara pomoću HOBO Pendant Onset Computers data loggera. Mjerači su postavljeni na dvije lokacije: uvala Javorike (NP Brijuni) i Polje (JU Kamenjak) od lipnja do rujna 2019. godine. Za statističku

obradu podataka poput raznolikosti i brojnosti jedinki pojedine vrste po postajama, smrtnosti jedinki koralja unutar populacija, te one-way (jednosmjerna) ANOVA (usporedba oštećenih i uginulih jedinki i kolonija između istraživanih postaja i usporedba brojnosti jedinki i kolonija ovisno o istraživanim postajama) korišten je program Statistica 13.0. Bray-Curtis-ov indeks sličnosti postaja ovisno o vrstama kamenih koralja napravljen je u programu Primer 6.0. Analiza više-dimenzijskog grupiranja (MDS), te klaster analiza provedena su na temelju brojnosti koralja, te prisutnosti pojedinih vrsta (Bray-Curtis matrica sličnosti; prisutne/neprisutne vrste). Kako bi se istražio negativan utjecaj povišene temperature mora izdvojene su vrste koje su osjetljive na klimatske promjene i zagrijavanje mora, primarno temperaturne anomalije te je na njima praćena njihova brojnost na različitim dubinama na istraživačkim profilima 100 x 2 ili 25 x 25 cm, zatim nekroza i smrtnost polipa. Takve vrste nazivamo i indikatorske vrste klimatskih promjena (Bianchi, 1997). To su koralji koji pokazuju povišeni mortalitet kod negativnih antropogenih utjecaja (onečišćenje mora) i povišene temperature mora (temperaturne anomalije).



Slika 8. Okvir (25 x 25 cm) za brojanje jedinki koralja *Leptopsammia pruvoti* na postaji Peneda

5. REZULTATI

5.1. Utvrđene životne zajednice na istraživanim postajama

Na istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je deset životnih zajednica (biocenoza) od kojih četiri pripadaju ugroženom i/ili rijetkom stanišnom tipu prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa, a jedna biocenoza pripada prioritonom staništu prema ekološkoj mreži Natura 2000

(https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_01_7_156.html) (Tablica 1).

Tablica 1. Utvrđena staništa na istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak. Klasifikacija prema NKS – Nacionalna klasifikacija staništa i Natura 2000. (* - prioritono stanište – stanište od interesa za cijelu EU; očuvanje takvog staništa zahtjeva određivanje posebno zaštićenih područja prema Direktivi o staništima EU; ** - ugrožen i/ili rijetki stanišni tip koji zahtjeva posebne mjere zaštite prema Pravilniku Narodne novine 07/2006) (NKS – Nacionalna klasifikacija staništa NN 07/2006)

Biocenoza	Kod po:	NKS	Natura 2000
1. Biocenoza supralitoralnih stijena		F.4.2.1.	1170
2. Biocenoza gornjih stijena mediolitorala		G.2.4.1.	1170
3. Biocenoza donjih stijena mediolitorala		G.2.4.2.	1170
4. Biocenoza infralitoralnih šljunaka		G.3.4.1.	1110
5. Biocenoza vrste <i>Posidonia oceanica</i>		G.3.5.1.**	1120*
6. Biocenoza infralitoralnih alga		G.3.6.1.**	1170
7. Biocenoza obalnih detritusnih dna		G.4.2.2.	1110
8. Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala		G.3.2.3.	1160
9. Koralijska biocenoza		G.4.3.1.**	1170
10. Biocenoza polutamnih špilja		G.4.3.2.**	8330

Koralijska biocenoza i biocenoza polutamnih špilja utvrđene su na Brijunima na postajama Peneda, te na JU kamenjak na postajama Fenoliga i Porer, dok su sve ostale biocenoze utvrđene na svim istraživanim postajama.

5.2. Raznolikost koralja na istraživanim postajama

Na istraživanim postajama utvrđeno je ukupno 25 vrsta koralja, (Prilog 1). Najviše vrsta koralja utvrđeno je na postajama Peneda (21 vrsta), Vrsar (21 vrsta) i Grunj (17 vrsta) u NP Brijuni, te na postajama Porer (svih 25 vrsta), Fenoliga (21 vrsta) i Franina (17 vrsta) u JU Kamenjak. Najmanje vrsta koralja utvrđeno je na postajama Kastrum (7 vrsta) u NP Brijuni, te Školjić (11 vrsta) u JU Kamenjak.

Vrste koralja koje su zabilježene na svim postajama jesu: *Actinia equina*, *Anemonia viridis*, *Cereus pedunculatus*, *Balanophyllia europaea* (Slika 9) i *Cladocora caespitosa* (Slika 10).



Slika 9. Vrsta *Balanophyllia europaea* utvrđena na postaji Vrsar.



Slika 10. Kolonija koralja *Cladocora caespitosa* utvrđena na postaji Grunj.

Na najmanje postaja utvrđene su vrste *Epizoanthus paxii*, *Pachycerianthus solitarius*, *Paractinia striata* i *Caryophyllia smithii*. Većina utvrđenih vrsta nalazi se u biocenozi infralitoralnih alga. U koraligenskoj biocenozi prevladava vrsta *Parazoanthus axinellae* (Slika 11).

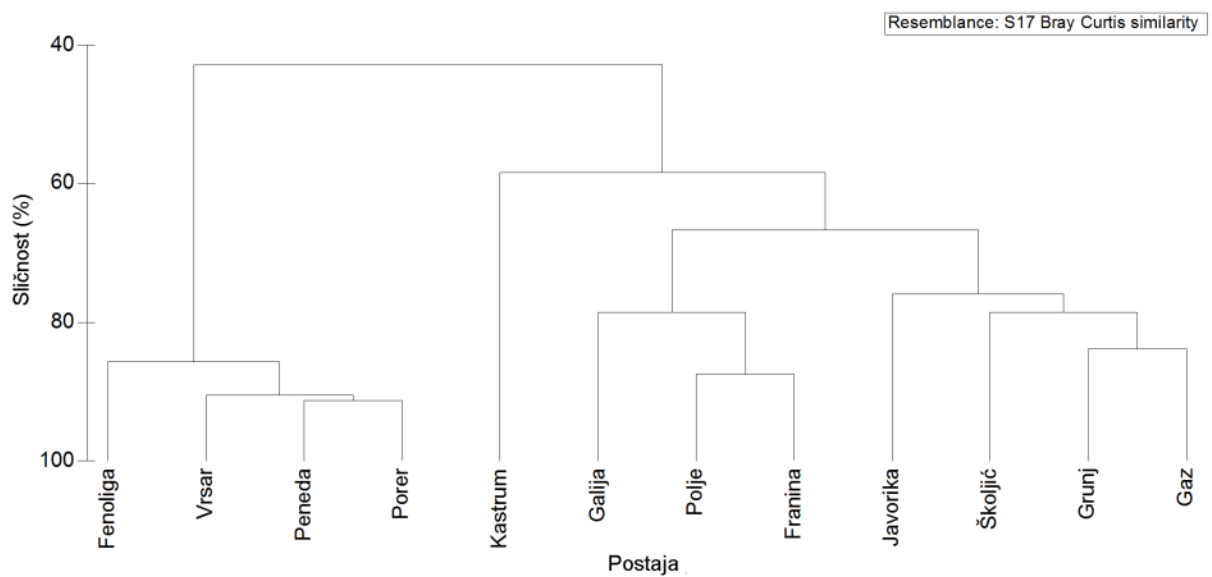


Slika 11. Kolonije vrste *Parazoanthus axinellae* utvrđene na istraživanoj postaji Peneda.

Tablica 2. Bray-Curtis koeficijent sličnosti postaja (u %) prikazuje koliko zajedničkog u numeričkim vrijednostima imaju postaje s obzirom na ukupno utvrđene vrste koralja. Što je veći postotak, to postaje imaju više zajedničkih vrsta koralja.

		Postaja											
		Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galiya	Gaz	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Postaja	Peneda												
	Vrsar	90,4762											
	Javorika	66,6667	72,7273										
	Kastrum	50,0000	50,0000	73,6842									
	Grunj	84,2105	89,4737	75,8621	58,3333								
	Galiya	70,5882	76,4706	72,0000	60,0000	80,0000							
	Gaz	80,0000	80,0000	76,9231	66,6667	83,8710	66,6667						
	Polje	83,3333	83,3333	81,4815	63,6364	81,2500	78,5714	75,8621					
	Školjić	68,7500	68,7500	78,2609	77,7778	78,5714	75,0000	80,0000	76,9231				
	Franina	84,2105	89,4737	75,8621	58,3333	82,3529	86,6667	70,9677	87,5000	78,5714			
	Fenoliga	90,4762	85,7143	54,5455	42,8571	73,6842	58,8235	74,2857	72,2222	56,2500	73,6842		
	Porer	91,3043	91,3043	64,8649	43,7500	80,9524	68,4211	71,7949	75,0000	61,1111	80,9524	91,3043	

Koralji NP Brijuni, JU Kamenjak



Slika 12. Graf klaster analize sličnosti obzirom na vrste koralja po istraživanim postajama. Istraživane postaje povezane su s obzirom na zajednički broj vrsta koralja.

Koralji NP Brijuni, JU Kamenjak

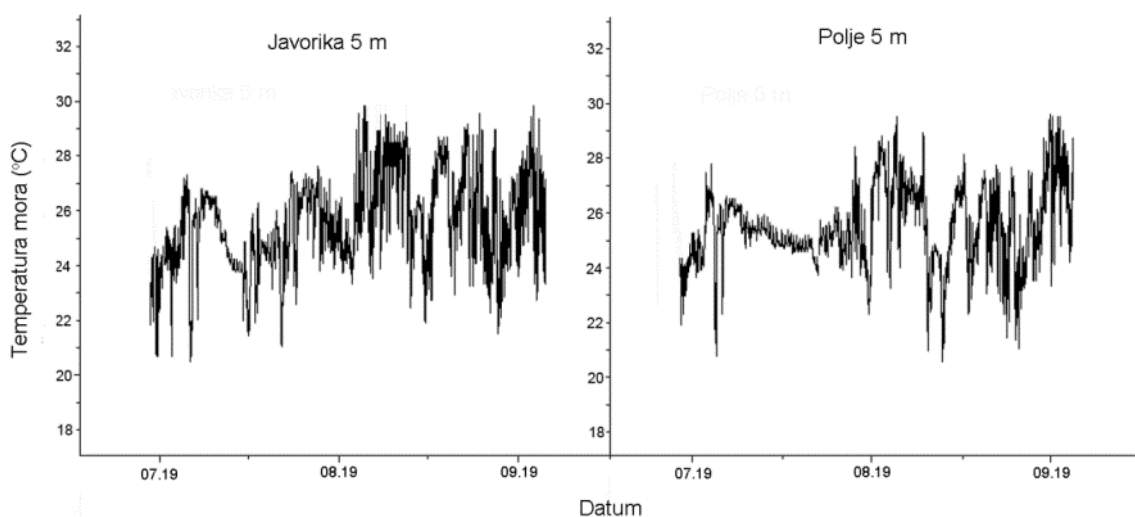


Slika 13. MDS graf sličnosti s obzirom na vrste koralja po istraživanim postajama. Udaljenost ili blizina istraživanih postaja povezana je s obzirom na zajednički broj vrsta koralja.

Najsličnije postaje obzirom na ukupne utvrđene vrste koralja su Peneda i Porer (91,3% sličnosti), Porer i Fenoliga (91,3% sličnosti), Porer i Vrsar (91,3% sličnosti), te Peneda i Vrsar (90,5% sličnosti). Najmanje slične postaje su Kastrum i Fenoliga (42,9%), Kastrum i Porer (43,8%), te Kastrum i Vrsar (50,0%) (Tablica 2). Posebno se izdvajaju postaje Vrsar i Peneda (NP Brijuni), zajedno sa postajama Fenoliga i Porer (JU Kamenjak) zbog velike sličnosti biocenoza, te istih vrsta koralja na postajama (Slika 12). Na MDS grafu najviše se izdvaja postaja Kastrum, sa najmanje utvrđenih vrsta koralja (Slika 13).

5.3. Praćenje stanja koralja na istraživanim postajama

Tijekom istraživanja u 2019. godini na postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak izmjerene su povišene temperature mora tijekom ljetnih mjeseci koje djeluju negativno na istraživane vrste koralja na svim istraživanim postajama. Temperature mora na 5 metara dubine varirale su u ljetnim mjesecima između 20,7 i 29,4 °C na postaji Javorika i između 20,3 i 29,7 °C na postaji Polje (Slika 14). Treba napomenuti da su postaje na kojima je mjerena ljetna temperatura mora plitke uvale, gdje dolazi do većeg zagrijavanja mora.



Slika 14. Vrijednosti temperature mora na postajama Javorika (NP Brijuni) i Polje (JU Kamenjak) od lipnja do rujna 2019. godine.

Utjecaj povišene temperature mora na indikatorske vrste koralja prikazan je u Tablici 3. Za indikatorske vrste odabrane su vrste koralja koje pokazuju pojačanu osjetljivost na negativne čimbenike, najviše povišenu temperaturu mora.

Tablica 3. Utjecaj povišene temperature mora na istraživane vrste koralja na postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak kroz nekrozu i smrtnost polipa (P - pojačan utjecaj; N - nema utjecaja; crtica označuje postaje gdje nije utvrđena vrsta).

BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galija	Gaz
Vrsta indikator							
<i>Parazoanthus axinellae</i>	P	P	-	-	P	-	N
<i>Cladocora caespitosa</i>	P	P	P	P	P	P	P
<i>Balanophyllia europaea</i>	P	P	P	P	P	P	P
<i>Caryophyllia inornata</i>	N	N	-	-	-	-	-
<i>Leptopsammia pruvoti</i>	P	P	-	-	P	-	P

JU KAMENJAK	Postaja				
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Vrsta indikator					
<i>Parazoanthus axinellae</i>	-	-	-	N	N
<i>Cladocora caespitosa</i>	N	P	N	P	P
<i>Balanophyllia europaea</i>	N	P	N	P	N
<i>Caryophyllia inornata</i>	-	-	P	N	P
<i>Leptopsammia pruvoti</i>	-	-	-	N	N

Kod vrsta *Parazoanthus axinellae*, *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea* i *Leptopsammia pruvoti* tijekom istraživanja utvrđen je pojačan negativan utjecaj povišene temperature mora. Oštećenja na koraljima su vidljiva u obliku nekroze tkiva kod kamenih koralja (djelomično ili potpuno nestali polip zbog nekroze) ili kao izbjeljivanje polipa simbiotskih koralja (npr. *Balanophyllia europaea* i *Cladocora caespitosa*). Uz povišenu temperaturu mora, na nekrozu tkiva kamenih koralja utječe i pojačani razvoj bakterija, virusa i gljivica (bijeli „film“ na polipima koralja) kojima odgovara upravo povišena temperatura mora. Negativan utjecaj ima i mukus nastao kod cvjetanja alga koji bakterije razgrađuju, te

pritom napadaju i tkivo koralja. Mukus alga je utvrđen na svim istraživanim postajama kroz cijelo ljetno razdoblje.

5.3.1. *Parazoanthus axinellae* Schmidt, 1862

Tijekom istraživanja 2018. godine utvrđena je djelomična nekroza tkiva kod ove vrste na istraživanim postajama (Tablica 4; Slika 15). Stres kod ove vrste izražen je zatvorenim polipima cijele kolonije, a nekroza se vidi kao odumiranje tkiva polipa. Najviše su ugrožene kolonije na postaji Peneda (48% uginulih polipa) i Grunj (29% uginulih polipa) u NP Brijuni. U JU Kamenjak postoci uginulih polipa su mali na postajama gdje je vrsta utvrđena, Fenoliga 13,4% i Porer 12,9%. Ova vrsta zadružne moruzgve prilično je česta na većim dubinama na istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak, a zadnjih desetak godina sve je više ugrožena, prvenstveno visokom temperaturom mora. Ugroženije su pliće kolonije, do oko 15 metara dubine, osjetljive na povećanje temperature mora u ljetnom razdoblju. Većinom se polipi ne oporave, već uginu. Ova pojava nekroze tkiva žute moruzgve prisutna je u cijelom istočnom dijelu Jadrana.

Tablica 4. Brojnost zdravih i uginulih polipa kolonija vrste *Parazoanthus axinellae* na istraživanim postajama (prosjeak po istraživanim kvadratima (25x25 cm) na svim istraživanim dubinama).

BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galija	Gaz
Dubinska rasprostranjenost (m)	10-22	12-17	-	-	10-17	-	9-19
Broj polipa kolonija	79	69	-	-	52	-	86
Broj uginulih polipa	38	16	-	-	15	-	14
JU KAMENJAK							
	Postaja						
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer		
Dubinska rasprostranjenost (m)	-	-	-	18-27	12-26		
Broj polipa kolonija	-	-	-	67	93		
Broj uginulih polipa	-	-	-	9	12		



Slika 15. Zatvoreni polipi na koloniji vrste *Parazoanthus axinellae* utvrđeni na istraživanoj postaji Peneda.

5.3.2. *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767)

Kolonije vrste *Cladocora caespitosa* česte su na svim istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak (Slika 16). Nekroza tkiva i izbjeljivanje polipa koralja zbog povećane temperature mora glavni su čimbenik ugroženosti kolonijalnog koralja *C. caespitosa* na istraživanim postajama. Smrtnost kolonija utvrđena je na svim istraživanim postajama u NP Brijuni, dok u JU Kamenjak na postaji Franina nema uginulih kolonija, a na postaji Polje utvrđena je jedna uginula kolonija (Tablica 5). Postotak uginulih kolonija na postajama kreće se od 22% (postaja Gaz) do 67% (postaje Kastrum i Javorika) (Slika 19). To je posljedica dugotrajnih vremenskih razdoblja s visokom temperaturom mora tijekom ljetnih mjeseci i posljedični razvoj patogena (bakterije i virusi) zbog kojih dolazi do nekroze tkiva polipa.

Uz nekroze tkiva polipa utvrđeno je i izbjeljivanje polipa („bleaching“ kod tropskih koralja) (Slika 17). Iako postoji mogućnost oporavka polipa koralja nakon izbjeljivanja u godinama kada nema temperaturnih anomalija, takav proces nije utvrđen na istraživanim postajama.



Slika 16. Kolonija koralja *Cladocora caespitosa* utvrđena na postaji Porer.

Tablica 5. Brojnost zdravih i oštećenih kolonija vrste *Cladocora caespitosa* na istraživanim postajama na svim istraživanim dubinama tijekom 2018. godine (prosjeak po istraživanim profilima (100x2m) na svim istraživanim dubinama).

BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galiya	Gaz
Dubinska rasprostranjenost (m)	6-14	5-9	4-6	4-7	6-14	4-7	5-12
Broj kolonija	22	16	18	6	12	15	9
Broj oštećenih (uginulih) kolonija	9	6	12	4	7	6	2

JU KAMENJAK	Postaja				
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Dubinska rasprostranjenost (m)	6-18	8-12	8-14	5-22	6-18
Broj kolonija	16	12	8	14	22
Broj oštećenih (uginulih) kolonija	1	3	0	3	6



Slika 17. Izbjeljivanje polipa koralja *Cladocora caespitosa* na postaji Vrsar.



Slika 18. Kompeticija koralja i zelenih alga na postaji Vrsar.



Slika 19. Uginula kolonija koralja *Cladocora caespitosa* na postaji Peneda.

Problem na postajama je i kompeticija sa algama, prvenstveno vrstama zelenih alga *Anadyomene stellata*, *Halimeda tuna* i rodovima *Codium* i *Valonia* (Slika 18). Utvrđeno je i cvjetanje mora i alga *Acinetospora crinita* na postaji Peneda koja prekriva kolonije koralja. Velike količine hranjivih soli u sjevernom Jadranu pogodno djeluju na rast ovih algi koje svojim preraštanjem kolonija znatno doprinose njihovom propadanju. Ovaj problem postaje još veći porastom temperature mora u toplijim mjesecima.

5.3.3. *Balanophyllia europaea* (Risso, 1826)

Vrsta *Balanophyllia europaea* je najugroženija vrsta koralja u NP Brijuni i JU Kamenjak zbog velike osjetljivosti na dugotrajno povišene temperature u plićim dijelovima mora (Slika 20). Izbjeljivanje polipa i nekroza tkiva polipa kod ovog koralja utvrđena je na svim istraživanim postajama (Tablica 6; Slika 21). Najviše je vrsta ugrožena na postajama Javorika (73% uginulih jedinki) i Kastrum (63% uginulih jedinki) u NP Brijuni, te Školjić (32%



Slika 20. Koralj *Balanophyllia europaea* utvrđena na postaji Porer.



Slika 21. Izbjeljivanje polipa kamenog koralja *Balanophyllia europaea* na postaji Peneda.

Tablica 6. Brojnost zdravih i uginulih jedinki vrste *Balanophyllia europaea* na istraživanim postajama, na svim istraživanim dubinama, tijekom 2018. godine (prosjek po istraživanim profilima (100x2 m) na svim istraživanim dubinama).

BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galiya	Gaz
Dubinska rasprostranjenost (m)	2-6	2-8	2-4	2-4	3-8	3-9	2-7
Broj jedinki	47	29	22	19	38	20	39
Broj uginulih polipa	17	12	16	12	10	6	14

JU KAMENJAK	Postaja				
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Dubinska rasprostranjenost (m)	3-9	4-7	4-12	6-14	5-15
Broj jedinki	44	37	46	39	28
Broj uginulih polipa	7	12	6	14	3

uginulih jedinki) i Fenoliga (36% uginulih jedinki) u JU Kamenjak, najvjerojatnije jer su postaje plitke uvale.

I na ostalim postajama utvrđen je postotak smrtnosti jedinki, s najmanjim na postajama Franina (13% uginulih jedinki) i Porer (11% uginulih jedinki). Na velikom broju uginulih jedinki utvrđena je smrtnost novijeg datuma (unutar 1-2 mjeseca), jer im je skelet potpuno bijel, bez obraštaja koji se javlja nakon 2-3 mjeseca (Slika 22). Ova vrsta je odličan primjer negativnog utjecaja povišene temperature mora unutar zadnjih desetljeća. S obzirom da nije utvrđen veći antropogeni utjecaj (poput ribarskih alata) na ovu vrstu, temperatura mora (uz dalji negativan učinak bakterija) je jedini čimbenik koji znatno ugrožava ovu vrstu.



Slika 22. Uginula jedinka kamenog koralja *Balanophyllia europaea* na postaji Javorika.

5.3.4. *Caryophyllia inornata* (Duncan, 1878)

Tijekom istraživanja 2018. i 2019. godine kod vrste *Caryophyllia inornata* utvrđen je najmanji utjecaj promjene temperature mora i najmanja smrtnost jedinki (Tablica 7; Slika 23). Najveći broj uginulih jedinki utvrđen je na postaji Porer (33% uginulih jedinki), dok je na ostalim postajama neznatna ili je nema (postaja Peneda u NP Brijuni). Vrsta *C. inornata* vrlo je ugrožena u srednjem i južnom dijelu Jadrana, a na sjevernom Jadranu za sada, srećom, ne pokazuje veću ugroženost. Nastanak nekroze polipa ove vrste sličan je kao kod vrste *Leptopsammia pruvoti*, pa je i kod ove vrste prisutna nekroza polipa zbog povišene temperature mora i izgladnjivanja (što nije čudno s obzirom da ove dvije vrste dijele isto stanište). Iako je dosad ova vrsta prilično otporna na promjene temperature zbog velikog dubinskog raspona, danas je sve ugroženija i djelovanjem onečišćenja mora.



Slika 23. Jedinke kamenog koralja *Caryophyllia inornata* utvrđene na postaji Fenoliga.

Tablica 7. Brojnost zdravih i uginulih jedinki *Caryophyllia inornata* na istraživanim postajama (prosjeak po istraživanim kvadratima (25 x 25 cm) na svim istraživanim dubinama) tijekom 2018. godine.

BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galija	Gaz
Dubinska rasprostranjenost (m)	8-21	6-18	-	-	-	-	-
Broj jedinki	9	7	-	-	-	-	-
Broj uginulih polipa	0	1	-	-	-	-	-

JU KAMENJAK	Postaja				
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Dubinska rasprostranjenost (m)	-	-	12-16	15-32	22-38
Broj jedinki	-	-	7	9	9
Broj uginulih polipa	-	-	2	1	3

5.3.5. *Leptopsammia pruvoti* Lacase-Duthiers, 1897

Leptopsammia pruvoti ili Žuta čaška česta je u koraligenu i špiljama na vanjskim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak (Tablica 8; Slika 24). Kod vrste *Leptopsammia pruvoti* jedinke koje žive pliće (iznad 20 metara dubine), u procjepima, rupama, polušpiljama i špiljama, otpornije su na promjene temperature mora od onih ispod 20 metara dubine (na primjer pravi koraligen ili duboke špilje). Negativan utjecaj povišene temperature mora utvrđen je na svim istraživanim postajama. Najveći broj uginulih jedinki utvrđen je na postajama Vrsar (55% uginulih jedinki) i Peneda (45% uginulih jedinki). Najmanje uginulih jedinki utvrđeno je na postajama u JU Kamenjak, Fenoliga (7% uginulih jedinki) i Porer (13% uginulih jedinki). Stres kod žute čaške započinje zatvaranjem polipa, a duže vremensko razdoblje utjecaja povišene temperature mora dovodi do nekroze tkiva polipa i uginuća jedinke (Slika 25).



Slika 24. Jedinke kamenog koralja *Leptopsammia pruvoti* utvrđene na postaji Peneda.



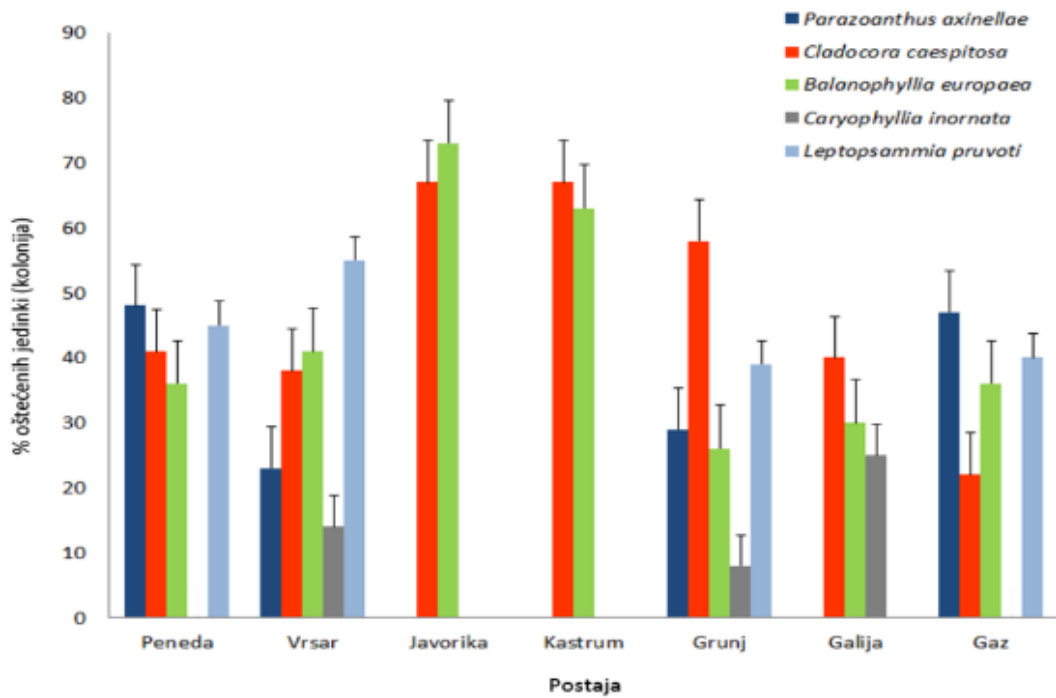
Slika 25. Jedinke kamenog koralja *Leptopsammia pruvoti* na postaji Fenoliga. Vide se otvoreni i zatvoreni polipi koralja.

Tablica 8. Brojnost zdravih i uginulih jedinki vrste *Leptopsammia pruvoti* na istraživanim postajama (prosjeak po istraživanim kvadratima (25x25cm) na svim istraživanim dubinama) tijekom 2018. godine.

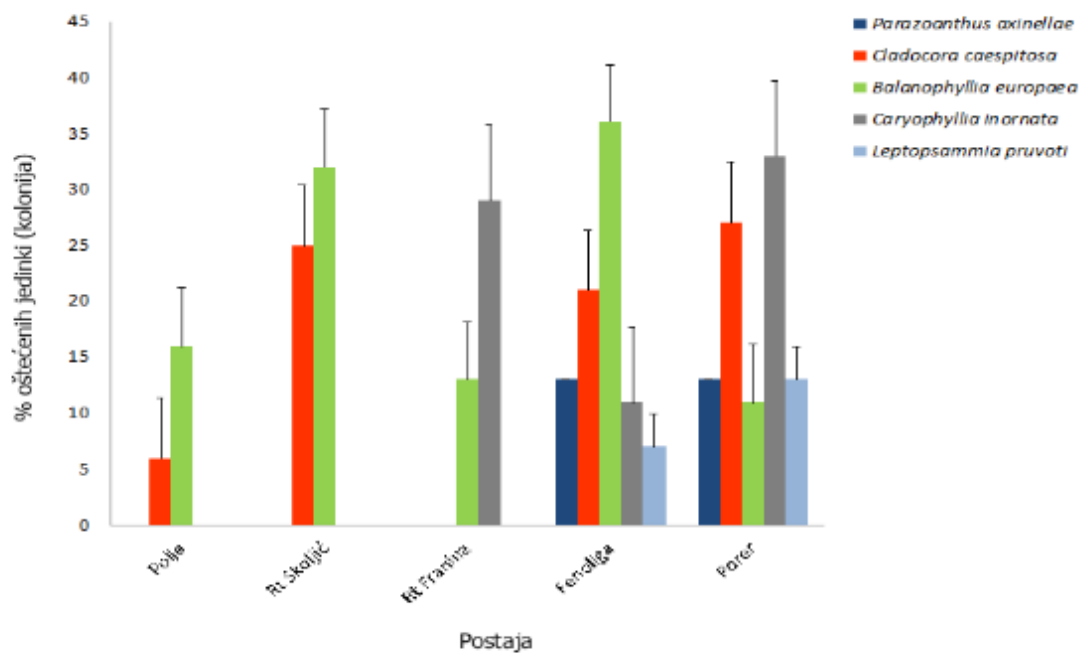
BRIJUNI	Postaja						
	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galija	Gaz
Dubinska rasprostranjenost (m)	8-22	6-20	-	-	9-22	-	10-16
Broj jedinki	62	49	-	-	56	-	73
Broj uginulih polipa	28	27	-	-	22	-	29

JU KAMENJAK	Postaja				
	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
Dubinska rasprostranjenost (m)	-	-	-	18-32	16-37
Broj jedinki	-	-	-	43	54
Broj uginulih polipa	-	-	-	3	7

Nije utvrđen mukus od cvjetanja mora uz jedinice ove vrste na istraživanim postajama, tako da je mortalitet gotovo isključivo povezan sa povišenom temperaturom mora i povezanim bakterijskim bolestima.



Slika 26. Srednje vrijednosti (sa standardnom devijacijom) postotka oštećenih jedinki i kolonija istraživanih vrsta na postajama u NP Brijuni.



Slika 27. Srednje vrijednosti (sa standardnom devijacijom) postotaka oštećenih jedinki i kolonija istraživanih vrsta na postajama u JU Kamenjak.

Srednje vrijednosti (sa standardnom devijacijom) postotaka oštećenih jedinki i kolonija istraživanih vrsta na postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak prikazane su na slikama 26 i 27. Utvrđena je statistički značajna razlika u postocima oštećenih i uginulih jedinki i kolonija između istraživanih postaja u NP Brijuni i JU Kamenjak (One-way ANOVA, $p < 0.001$). Statistički značajna razlika utvrđena je i između brojnosti jedinki i kolonija ovisno o istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak (One-way ANOVA, $p < 0,015$).

5.4. Negativni utjecaji na raznolikost koralja na istraživanim postajama

Tijekom istraživanja koralja u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na svim postajama (Slika 28). Alga guši koralje prerastajući preko njih, primarno sprečavajući hranjenje polipa, a kod vrsta sa simbiotskim algama sprečava osvjetljenja polipa. Širenje naselja alge ovisno je o hidrodinamizmu mora koji trga i raznosi fragmente alge.

Mukus smeđe alge *Acinetospora crinita* prekrivao je morsko dno na svim istraživanim postajama početkom ljeta 2019. godine (Slika 29).



Slika 28. Alga *Caulerpa cylindracea* na postaji Peneda.



Slika 29. Mukus smeđe alge *Acinetospora crinita* i alga *Caulerpa cylindracea* na postaji Grunj.



Slika 30. Koralj *Cladocora caespitosa* u obraštaju alga na postaji Vrsar.

Velika je i kompeticija alga sa koraljima, pogotovo vrstama *Cladocora caespitosa* i *Balanophyllia europaea* (Slika 30). Većinom su to alge *Anadyomene stellata* (Wulfen) C. Agardh, *Chaetomorpha linum* (Müller) Kützing; *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux, *Halimeda tuna* (Ellis et Solander) Lamouroux, *Flabellia petiolata* (Turra) Nizamuddin, te rodovima *Codium* i *Valonia*.

Na području istraživanih postaja nisu utvrđene ribarske mreže i ostali ribarski alati, kao što je slučaj sa ostalim zaštićenim područjima u istočnom Jadranu.

6. RASPRAVA

Ukupno je na istraživanim postajama NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno 25 vrsta koralja, što je 21,6% vrsta utvrđenih za Jadransko more (116 vrsta) (Kružić, 2020, *u tisku*). Razlog manje raznolikosti koralja uz istočnu obalu Istarskog poluotoka, za razliku od ostalih dijelova Jadranskog mora, leži uglavnom u raznolikosti staništa. Iako su morska staništa uglavnom slična između istočne i zapadne strane Istarskog poluotoka, uz istočnu stranu utvrđena su većinom plića staništa, gdje se koraligenska biocenoza pojavljuje relativno rijetko i više je vezana za područja sa smanjenom prozirnošću mora. Upravo takve uvjete nalazimo u području istraživanja ovog rada. Koraligenska biocenoza u kojoj živi veliki dio koralja, dobro je razvijena tek na nekoliko postaja istraživanja u NP Brijuni i JU Kamenjak. Tri postaje se izdvajaju sa najmanje utvrđenih vrsta koralja, Javorika i Kastrum u NP Brijuni i Školjić u JU Kamenjak. Na sve tri postaje prevladava biocenoza obalnih detritusnih dna i biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala gdje je manja bioraznolikost koralja (samo moruzgve poput vrste *Cereus pedunculatus*) nego na tvrdoj podlozi poput biocenoze fotofilnih alga ili koraligenske biocenoze. Postaja Kastrum se izdvaja od ostalih postaja sa najmanje vrsta koralja i najmanje zajedničkih vrsta koralja. Ova postaja je najbližnja sa postajom Školjić (77,8%) zbog istih ekoloških uvjeta (prvenstveno podloga), a najmanje je slična sa postajom Fenoliga (42,8%). Najbližnje postaje s obzirom na vrste koralja su Peneda i Porer, Porer i Fenoliga, Porer i Vrsar, sve sa 91,3% sličnosti. Sve ove istraživane postaje dijele iste biocenoze sa dobro razvijenom biocenozom fotofilnih algi i koraligenskom biocenozom.

Temperature mora na istraživanim postajama na 5 metara dubine pokazuju visoke ljetne temperaturne anomalije. Temperature mora od gotovo 30 °C prilično su visoke za sjeverni dio Jadranskog mora. Na svim istraživanim postajama vidljiv je negativan utjecaj povišene temperature mora kao odumiranje (nekroza) tkiva na spužvama, kamenim koraljima i mahovnjacima, a na nekim postajama i kao mortalitet jedinki i smanjenje populacije. Usporedba promjena u zadnjih 20 godina kod istraživanih staništa (prvenstveno koraligenske biocenoze i biocenoze infralitoralnih alga) u istočnom Jadranu pokazuje pozitivnu korelaciju između povišenja temperature mora i povećanja nekroze tkiva kod vrsta indikatora (Kružić i sur., 2008; 2012; 2014; 2016).

Koncentracije hranjivih soli u moru sjevernog Jadrana povišene su tijekom cijele godine prvenstveno zbog rijeke Po i turističkih djelatnosti, te mogu predstavljati značajnu ugrozu za podmorski svijet NP Brijuni i JU Kamenjak. Poljoprivreda sjeverne Italije donosi goleme količine fosfata i nitrata rijekom Po u sjeverni Jadran (Turk, 2011). Cvjetanje mora

ugrožava podmorski svijet taloženjem mukusa na morsko dno što uzrokuje bakterijsku razgradnju koja šteti i organizmima poput koralja (Cerrano i sur., 2000). Za daljnja istraživanja trebalo bi pratiti količinu organske tvari i hranjivih soli u moru, te utjecaje na bentoske organizme. Na žalost, nema podataka o negativnim utjecajima povišene temperature mora na koralje uz obalu Istre osim u Piranskom zaljevu (Kružić i sur., 2014), pa se noviji rezultati ne mogu usporediti sa onima iz prošlosti.

Odabrane vrste indikatori pokazale su se kao odlične vrste na kojima se može provoditi monitoring, jer je većina izuzetno osjetljiva na klimatske i antropogene promjene. Sve odabrane vrste indikatori pokazuju stupnjeve oštećenja populacija vezano za temperaturne anomalije. Najviše su ugroženi kameni koralji *Cladocora caespitosa*, *Balanophyllia europaea*, te *Leptopsammia pruvoti*, iako manje na postajama u JU Kamenjak. Smrtnost jedinki vrste *Leptopsammia pruvoti* u Jadranu povećava se za gotovo 10% godišnje, što predstavlja prilično veliku prijetnju za ovu vrstu. Najveći negativni utjecaj povišene temperature mora je u plićim postajama (Javorika, Kastrum i Školjić). Posebna pozornost usmjerena je na kolonijalne kamene koralje *Cladocora caespitosa* i *Balanophyllia europaea*, čije su populacije vrlo ugrožene u cijelom Sredozemnom moru, posebno klimatskim promjenama i, posljedično, povišenom temperaturom mora. Populacije koralja *C. caespitosa* i *Balanophyllia europaea* na istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak osim što su ugrožene previsokim temperaturama mora ugrožene su i izrazito negativnim utjecajem bakterijske razgradnje mukusa koji nastaje prekomjernim cvjetanjem mora tijekom ljetnih mjeseci. Populacije ovih koralja ne pokazuju oporavak zbog povišenih temperatura mora (polipi kolonija stalno su uvučeni, pa se kolonija ne hrani). Tijekom ljetnih mjeseci, svih istraživanih godina, utvrđeno je izbjeljivanje polipa kod vrsta *Cladocora caespitosa* i *Balanophyllia europaea*. Kod izbjeljenih polipa nije utvrđen kasniji mogući oporavak, te dolazi do nekroze i smrti polipa. U području Piranskog zaljeva utvrđen je oporavak vrste *Cladocora caespitosa* nakon izbjeljivanja polipa, ali kod istraživanih postaja u NP Brijuni i JU Kamenjak to nije bio slučaj (Kružić i sur., 2014). Također je utvrđen pojačan negativni utjecaj na vrstu *Parazoanthus axinellae* na istraživanim postajama u NP Brijuni. Ova vrsta je vrlo ugrožena u srednjem i južnom dijelu Jadranskog mora. Pliće populacije (od 10 do 20 metara dubine) polako nestaju zbog povišene temperature mora, koja se nerijetko penje i do 28 °C i traje više od mjesec dana (Kružić i sur., 2016). Upravo je dužina trajanja povišenih ljetnih temperatura mora glavni razlog ugroženosti sesilnih vrsta u plićim područjima istočnog dijela Jadrana.

Ukoliko se nastavi trend povišenih temperatura mora tijekom ljetnih mjeseci, to bi mogli dovesti do novih ugibanja koralja koja bi uskoro mogla postati i masovna (Kružić i sur., 2016). Uz cvjetanje alga u sjevernom dijelu Jadranskog mora, sve jačeg širenja invazivne alge *Caulerpa cylindracea*, povećana temperatura mora je novi, ako ne i glavni uzrok ugibanja koralja u ovom dijelu Jadrana kojem se ne možemo oduprijeti.

Zbog povišene koncentracije hranjivih soli jaka je kompeticija koralja sa bentoskim algama. Najviše su ugrožene vrste u biocenozi fotofilnih alga, prvenstveno vrste *Cladocora caespitosa* i *Balanophyllia europaea*. Ovu vrstu ugroze je nemoguće kontrolirati, te je obraštaj alga velika opasnost za ove dvije navedene vrste. Tijekom istraživanja koralja u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na svim postajama. Alga je raširena po cijelom istočnim dijelu Jadrana, a na istraživanim postajama je utvrđena i na tvrdoj i na pomičnoj podlozi. Sesilne vrste, poput koralja, ugrožene su zbog prerastanja alge preko njih i nemogućnosti hranjenja (Kružić i sur., 2008). Gusti slojevi alge stvaraju i anoksični sloj ispod talusa, što dodatno ubija koralje.

Masovni pomori vrsta zbog cvjetanja alga poznati su za zapadni dio Istarskog poluotoka u kasno proljeće, ljeto i jesen. Dok su postaje u NP Brijuni pod jakim utjecajem cvjetanja mora, postaje u JU Kamenjak manje su ugrožene zbog strujanja mora, pogotovo postaje Porer i Fenoliga. Jake pridnene struje čiste more i sprječavaju nakupine mukusa alga na morskom dnu i tako čuvaju bentoske sesilne vrste. Problem mukusa alga je bakterijska razgradnja koja dovodi do anoksije i pomora bentoskih organizama. Dok anoksija nije prisutna svake godine, problem stvaranja mukusa uz obalu zapadne Istre postaje problem za bioraznolikost sesilnih vrsta. Razvoj mukusa je postala uobičajena pojava za cijeli Jadran i u zadnjih nekoliko godina česta je u podmorju NP Brijuni i JU Kamenjak.

Duž gotovo svih istraživanih postaja u NP Brijuni i JU Kamenjak prilikom ronilačkog pregleda primijećen je antropogeni utjecaj na morsko dno u vidu odbačenog krutog otpada s usidrenih brodova. To su uglavnom razni metalni (većinom limenke), te stakleni i plastični predmeti (boce, posuđe). Na većinu tih odbačenih predmeta naselili su se sesilni organizmi. Jedino su postaje unutar NP Brijuni znatno manje pod antropogenim utjecajem. Razlog je, razumljivo, bolja zaštita unutar nacionalnog parka.

Na području istraživanih postaja nisu utvrđene ribarske mreže i ostali ribarski alati, što pokazuje dobru zaštitu područja, a i veću svijest građana vezano uz područja koja imaju određenu razinu zaštite. Zaštićena područja opravdavaju svoju svrhu, što je vidljivo i u dobivenim rezultatima ovog rada.

7. ZAKLJUČCI

- Na istraživanim postajama u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je ukupno 25 vrsta koralja, što je 21,6% vrsta koralja utvrđenih za Jadransko more.
- Najviše vrsta koralja utvrđeno je na postajama Peneda (21 vrsta), Vrsar (21 vrsta) i Grunj (17 vrsta) u NP Brijuni, te na postajama Porer (svih 25 vrsta), Fenoliga (21 vrsta) i Franina (17 vrsta) u JU Kamenjak. Najmanje vrsta koralja utvrđeno na postajama Kastrum (7 vrsta) u NP Brijuni, te Školjić (11 vrsta) u JU Kamenjak.
- Vrste koralja koje su zabilježene na svim postajama jesu: *Actinia equina*, *Anemonia viridis*, *Balanophyllia europaea*, *Cereus pedunculatus* i *Cladocora caespitosa*.
- Najsličnije postaje obzirom na ukupne utvrđene vrste koralja su Peneda i Porer (91,3% sličnosti), Porer i Fenoliga (91,3% sličnosti), Porer i Vrsar (91,3% sličnosti), te Peneda i Vrsar (90,5% sličnosti). Najmanje slične postaje su Kastrum i Fenoliga (42,9%), Kastrum i Porer (43,8%), te Kastrum i Vrsar.
- Izmjerene su povišene temperature mora tijekom ljetnih mjeseci (između 20,7 i 29,4 °C na postaji Javorika i između 20,3 i 29,7 °C na postaji Polje) koje djeluju negativno na vrste koralja na svim istraživanim postajama.
- Kod vrsta *Balanophyllia europaea*, *Cladocora caespitosa*, *Leptopsammia pruvoti* i *Parazoanthus axinellae* tijekom istraživanja utvrđen je pojačan negativan utjecaj povišene temperature mora.
- Negativan utjecaj ima i mukus nastao kod cvjetanja alga koji bakterije razgrađuju, te pritom napadaju i tkivo koralja. Razvoj mukusa je postala uobičajena pojava za cijeli Jadran i u zadnjih nekoliko godina česta je u podmorju NP Brijuni i JU Kamenjak. Velik problem predstavlja mukus smeđe alge *Acinetospora crinita* koji prekriva morsko dno na svim istraživanim postajama u ljetnim mjesecima.
- Tijekom istraživanja koralja u NP Brijuni i JU Kamenjak utvrđeno je intenzivno širenje invazivne alge *Caulerpa cylindracea* Sonder na svim postajama. Alga guši koralje prerastajući preko njih, primarno sprečavajući hranjenje polipa.
- Na području istraživanih postaja nisu utvrđene ribarske mreže i ostali ribarski alati, što pokazuje dobru zaštitu područja, a i veću svijest građana vezano uz područja koja imaju određenu razinu zaštite.

8. LITERATURA

Aguilar, R. 2004: The Corals of the Mediterranean. Oceana, Madrid: 1-86.

Artegiani, A., Bregant, D., Paschini, E., Pinardi, N., Raicich, F., Russo, A., 1997a: The Adriatic Sea general circulation, part I: air– sea interactions and water mass structure. *Journal of Physical Oceanography*. 27, 1492–1514.

Artegiani, A., Bregant, D., Paschini, E., Pinardi, N., Raicich, F., Russo, A., 1997b: The Adriatic Sea general circulation, part II: baroclinic circulation structure. *Journal of Physical Oceanography*. 27, 1515– 1532.

Bakran-Petricoli, T. 2011.: Priručnik za određivanje morskih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 175 str. + 177 str. priloga.

Bianchi, C.N. 1997: Climate change and biological response in the marine benthos. U: Piccazzo, M. (ur.). *Proceedings of the Italian Association for Oceanology and Limnology*, Genova. 1, 3-20.

Brozan, D. 2018: Analiza ekološke mreže Natura 2000 u Istarskoj županiji. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. 1-56.

Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C.N., Cattaneo-Vietti, R., Bava S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F. 2000: A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian sea (NW Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*. 3, 284-293.

Cushman-Roisin, B., Korotenko, K.A., 2007: Mesoscale-resolving simulations of summer and winter bora events in the Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research*. 112, C11S91.

Degobbis, D. 1989: Increased eutrophication of the northern Adriatic Sea: Second act. *Marine Pollution Bulletin*. 20 (9), 452-457.

Degobbis, D., Smolaka, N., Pojed, I., Škrivanić, A., Precali, R. 1979: Increased eutrophication of 52 the northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 10 (10), 298-301.

Dudley, N. 2008: *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland. IUCN, 1-86.

Favro, S., Saganić, I. 2017: Prirodna obilježja hrvatskog litoralnog prostora kao komparativna prednost za razvoj nautičkog turizma; *Geoadria*. 12(1), 59, 1-24.

Gashout, S. E., Ormond, R. F. 1979: Evidence for parthenogenetic reproduction in the sea anemone *Actinia equina* (L). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 59 (4), 975-987.

- Grubelić, I., Antolić, B., Despalatović, M., Grbec, B., Beg Paklar, G. 2004: Effect of climatic fluctuations on the distribution of warm-water coral *Astroides calycularis* in the Adriatic Sea: new records and review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 84, 599-602.
- Habdija I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. 2011: Protista- Protozoa Metazoa- Invertebrata strukture i funkcije. *Alfa d.d.*, 1-548.
- Jardas I., Pallaoro A., Vrgoč N., Jukić-Peladić S., Dadić V. 2008: Crvena knjiga morskih riba. Ministarstvo kulture. 1-396.
- Kelleher, G. 1999: Guidelines for Marine Protected Areas. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge. UK, 1-127.
- Kružić, P. 2001: Grebenaste tvorbe vrste *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) (Anthozoa, Scleractinia) u Jadranskom moru. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu. 1-107.
- Kružić, P. 2020: Crvena knjiga koralja Hrvatske. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Uprava za zaštitu prirode, Zagreb, u tisku.
- Kružić P., Požar-Domac A. 2003: Banks of the coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Adriatic Sea. *Coral reefs*. 22 (4), 536.
- Kružić P., Požar-Domac A. 2007: Impact of tuna farming on the banks of the coral *Cladocora caespitosa* in the Adriatic Sea. *Coral reefs*. 26 (3), 665.
- Kružić, P., Žuljević, A., Nikolić, V. 2008: The highly invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* poses a new threat to the banks of the coral *Cladocora caespitosa* in the Adriatic Sea. *Coral Reefs*. 27 (2), 441
- Kružić, P., Lipej L., Mavrič, B., Rodić, P. 2014: Impact of bleaching on the coral *Cladocora caespitosa* in the eastern Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series*. 509, 193-202.
- Kružić, P., Rodić, P., Popijač, A., Sertić, M. 2016: Impacts of temperature anomalies on mortality of benthic organisms in the Adriatic Sea. *Marine ecology*. 37 (6), 1190-1209.
- Kružić, P., Zibrowius, H., Požar-Domac, A. 2002: Actiniaria and Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa) from the Adriatic Sea (Croatia): first records, confirmed occurrences and significant range extensions of certain species. *Italian Journal of Zoology*. 69 (4), 345-353.
- Matoničkin I., Habdija I., Primc-Habdija B. 1998: Beskralježnjaci- Biologija nižih avertebrata, Školska knjiga, Zagreb. 1-702.
- Orlić, M., Kuzmić, M., Pasarić, Z. 1994: Response of the Adriatic Sea to the bora and sirocco forcing. *Continental Shelf Research*. 14 (1), 91-116.
- Pax, F., Müller, I. 1962: Die Anthozoenfauna der Adria. *Fauna Flora Adriatica*. 3, 1-343.

Peirano, A., Morri, C., Mastronuzzi, G., Bianchi, C. N. 1998: The coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) as a bioherm builder in the Mediterranean Sea. *Memorie Descrittive della Carta geologica d'Italia*. 52, 59-74.

Polšak, A. 1965: Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju krednih naslaga. *Geološki vjesnik, Zagreb*. 18/2, 415-510.

Rehman A. U., Szabó M., Deák Z., Sass L., Larkum A. W., Ralph P. J., Vass I. 2016: Symbiodinium sp. cells produce light-induced intra- and extracellular singlet oxygen, which mediates photodamage of the photosynthetic apparatus and has the potential to interact with the animal host in coral symbiosis. *New Phytologist*. 212 (2), 472-484.

Richmond, R. H. 1997: Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, New York. 175-197.

Stagličić, N. 2013: Praćenje učinkovitosti zaštite nacionalnog parka »Brijuni« za priobalne zajednica riba. *Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split*.

Turk, T. 2011: Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, d.d., Zagreb. 1-590.

Zavodnik, D., Šimunović, A. 1997: Beskralješnjaci morskog dna Jadrana. *Svjetlost Sarajevo*. 1-217.

Zibrowius, H. 1980: Les Scléactiniaux de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*. 11, 1-284.

INTERNETSKI IZVORI:

Javna ustanova Kamenjak. Raspoloživo na <http://www.kamenjak.hr/> (17.06. 2020)

Nacionalni park Brijuni. Raspoloživo na <http://www.np-brijuni.hr/> (17.06. 2020)

Divlja Priroda Hrvatske: *JADRANSKO MORE* raspoloživo na <http://priodahrvatske.com/jadran/> (17.06.2020)

Lipovšćak, B., Lakoš S. (2015.): Položaj veličina i podjela Jadrana. *Meteorološki priručnik za nautičare*. Raspoloživo na <http://lipovscak.com/meteo/polozaj.html> (17.06.2020)

More plavo Jadransko (2014.). Raspoloživo na <http://www.hrvatskarijec.rs/vijest/A8733/More-plavo-Jadransko/> (23.06.2020)

Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce. Raspoloživo na <https://sunce-st.org/wp-> (19.06.2020)

Pijevac, M.A, (2008) Biološka i geološka valorizacija Kvarnerskog područja (sjeverni Jadran), *More-hrvatsko blago*, 862-875. Raspoloživo na <https://morehrvatskobлаго.wordpress.com/o-knjizi/> (23.06.2020)

https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm (23.06.2020)

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_124_2664.html (23.06.2020)

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_01_7_156.html (23.06.2020)

Prilog 1. Popis vrsta koralja utvrđenih na istraživanim postajama.

Vrsta	Peneda	Vrsar	Javorika	Kastrum	Grunj	Galijska	Gaz	Polje	Školjić	Franina	Fenoliga	Porer
<i>Actinia cari</i> Delle Chiaje, 1841		x	x		x	x				x		x
<i>Actinia equina</i> Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aiptasia diaphana</i> (Rapp, 1829)	x	x			x	x	x		x	x	x	x
<i>Aiptasia mutabilis</i> (Gravenhorst, 1831)	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Anemonia viridis</i> (Forsk., 1775)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Balanophyllia europaea</i> (Risso, 1826)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Bunodactis verrucosa</i> (Pennant, 1777)	x	x	x			x	x	x		x	x	x
<i>Bunodeopsis strumosa</i> Andres, 1881	x	x			x	x		x		x	x	x
<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1842)	x	x	x		x	x		x	x	x		x
<i>Caryophyllia inornata</i> (Duncan, 1878)	x	x							x	x	x	x
<i>Caryophyllia smithii</i> Stokes & Broderip, 1828	x										x	x
<i>Cereus pedunculatus</i> (Pennant, 1777)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cerianthus membranaceus</i> (Spallanzani, 1784)	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x
<i>Cladocora caespitosa</i> (Linnaeus, 1767)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Condylactis aurantiaca</i> (Delle Chiaje, 1825)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Cribrinopsis crassa</i> (Andres, 1883)	x	x			x	x		x		x	x	x
<i>Epizoanthus arenaceus neapolitanus</i> Pax, 1957	x	x						x		x	x	x
<i>Epizoanthus paxii</i> Abel, 1955	x									x	x	x
<i>Epizoanthus steueri</i> Pax, 1937												x
<i>Leptopsammia pruvoti</i> Lacaze-Duthiers, 1897	x	x			x		x				x	x
<i>Pachycerianthus solitarius</i> (Rapp, 1829)		x									x	x
<i>Paractinia striata</i> (Risso, 1826)											x	x
<i>Paranemonia cinerea</i> (Contarini, 1844)	x	x	x		x		x	x			x	x
<i>Parazoanthus axinellae</i> Schmidt, 1862	x	x			x		x				x	x
<i>Phymanthus pulcher</i> Andres, 1883	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x

ŽIVOTOPIS

OSOBNNE INFORMACIJE

Ime i Prezime: Andrea Ivančić

e-mail: andreaivancic19@gmail.com

OBRAZOVANJE

rujan 2017.- trenutačno

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet

Biološki odsjek, Diplomski studij Ekologije i zaštite prirode

rujan 2013.-rujan 2017.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Prvostupnik Znanosti o Moru

ZNANJA I VJEŠTINE

Strani jezici: engleski (B2) Talijanski (A1) Španjolski (A1)

Organizacije: Voditeljica projekta "Neka otpad otpadne! Pula", Organizacija radionica u Centaru za mlade grada Zagreba (Udruga Zamisli), PANDA i STEM radionice (Udruga Bioteka), Festival znanosti (2013) i Noć Biologije (2018)

Erasmus + projekt "Plastic solution for green revolution"

Erasmus + projekt "How to live sustainably"

Vještine: Mikroskopiranje, osnove GIS tehnika, metode ekoloških istraživanja (kvalitativne i kvantitativne), Statistički programi (Excel, Primer, Statistica)

Open Water Diver