

Praćenje pojavnosti morskih organizama na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu

Višić, Anđela

Master's thesis / Diplomski rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:838157>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Andela Višić

**Praćenje pojavnosti morskih organizama na
umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu**

Diplomski rad

Zadar, 2025.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Andela Višić

**Praćenje pojavnosti morskih organizama na
umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu**

Diplomski rad

Studentica:

Andela Višić

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Župan

Zadar, 2025.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Andela Višić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Praćenje pojavnosti organizama na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu** rezultat mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mogega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mogega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 27. siječnja 2025.

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE.....	3
2.1. Istraživanja o umjetnim grebenima u svijetu.....	3
2.2. Istraživanja o umjetnim grebenima u Sredozemnom moru	4
2.3. Umjetni grebeni kao alat za obnovu bioraznolikosti u Jadranskom moru	4
2.4. Utjecaj umjetnih grebena na klimatske promjene	5
3. CILJ I SVRHA RADA.....	6
4. MATERIJALI I METODE.....	6
4.1. Tehničke karakteristike postavljenog grebena	7
4.2. Kronološki prikaz snimanja po godinama	9
4.2.1. Praćenje stanja grebena u 2021. godini	9
4.2.2. Praćenje stanja grebena u 2022. godini	9
4.2.3. Praćenje stanja grebena u 2023. godini	10
4.2.4. Praćenje stanja grebena u 2024. godini	10
4.3. Opis metoda	10
4.3.1. BRUV- Baited Underwater Remoted Video.....	10
4.3.2. Podvodna vizualna procjena (UVC).....	12
4.3.3. Sonda OxyGuard	13
4.4. Tehnike monitoringa zajednica riba na umjetnom grebenu	13
4.5. Statističke metode	15
5. REZULTATI.....	15
5.1. Promjene temperature mora kroz godine	15

5.2. Rezultati monitoringa 2021. godine	17
5.2.1. Vrste riba zabilježene u 2021. godini	18
5.3. Rezultati monitoringa 2022. godine	20
5.3.1. Opisi novih vrsta zabilježenih u 2022. godini	21
5.4. Promjene u ribljim zajednicama tijekom 2023. godine	22
5.5. Zaključci snimanja iz 2024. godine	24
5.6. Bentoski organizmi (2021.-2024.)	26
6. RASPRAVA.....	28
7. ZAKLJUČAK	29
8. POPIS LITERATURE.....	30

POPIS SLIKA:

Slika 1: Primjeri modula korištenih za izgradnju umjetnih grebena u Europi.....	1
Slika 2: Lokacija postavljenog grebena	7
Slika 3: Dizajn grebena.....	8
Slika 4: Stereo BRUV	11
Slika 5: Mono sustav BRUV korišten u istraživanju grebena	12
Slika 6: Stereo Bruv sustav korišten i istraživanju	14
Slika 7: DOV (Diver Operated Video) korišten u istraživanju	14
Slika 8: Rezultati mjerenja temperature u intervalu od 2021.-2024.....	16
Slika 9: Usporedba srednjih vrijednosti temperatura u Zadarskom kanalu s temperaturama specifičnim za lokaciju grebena tijekom promatranog razdoblja.....	16
Slika 10: <i>Spicara flexuosa</i> na grebenu	18
Slika 11: Rast broja jedinki <i>Spicara flexuosa</i> tijekom 2021. godine.	19
Slika 12: <i>Sparus aurata</i>	20
Slika 13: Kolonizacija ugotice na grebenu vrste <i>Trisoptresus minutus</i>	22
Slika 14: Kolonizacija unutar grebena.....	22
Slika 15: Prikaz trendova u populacijama batoglavca, ugotice i fratra na grebenu u tri godine istraživanja	23
Slika 16: Prikaz promjena u brojnosti vrsta riba na umjetnom grebenu od 2021. do 2024.....	26
Slika 17: Crv cjevaš <i>Sabella spallanzanii</i> s pričvršćenim grozdom jaja lignje	27
Slika 18: Kolonije dagnje <i>Mytilus galloprovincialis</i> na konopu od signalne bove.....	28

PRAĆENJE POJAVNOSTI MORSKIH ORGANIZAMA NA UMJETNOM GREBENU U ZADARSKOM KANALU

SAŽETAK:

Umjetni grebeni se sve češće koriste u svrhu očuvanja i povećanja bioraznolikosti u morskim ekosustavima. Istraživanje provedeno na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu tijekom četiri godine imalo je za cilj procijeniti njegov utjecaj na pojavnost morskih organizama, posebice na zajednice riba i bentoske organizme.

Metode istraživanja uključivale su praćenje riba i bentoskih organizama tijekom više sezona, pri čemu su prikupljeni podaci uspoređivani s rezultatima drugih istraživanja. BRUV metoda korištena je za snimanje zajednica riba, dok su bentoski organizmi praćeni vizualno i putem snimki.

Rezultati pokazuju postupno povećanje broja vrsta riba poput fratra (*Diplodus vulgaris*) i batoglavca (*Pagellus acarne*), s naglašenim porastom u prvim godinama nakon postavljanja grebena. Međutim, zabilježen je pad brojnosti komercijalno važnih vrsta poput ugotice (*Trisopterus minutus*) i fratra (*Diplodus vulgaris*) u kasnijim fazama istraživanja, što se pripisuje ribolovnom pritisku. Razvoj određenih bentoskih organizama, poput dagnji (*Mytilus galloprovincialis*), cjevastih mnogočetinaša (*Protula* sp.) i trpova (*Holothuria tubulosa*), ukazuje na stabilizaciju ekosustava unatoč izazovnim okolišnim uvjetima. Možemo zaključiti da umjetni greben pridonosi očuvanju morske bioraznolikosti na lokaciji postavljanja, ali su potrebne dodatne mjere upravljanja ribolovnim resursima kao i nastavak praćenja.

KLJUČNE RIJEČI: umjetni greben, bioraznolikost, Zadarski kanal, vrste riba, bentoski organizmi, monitoring, ribolovni pritisak

MONITORING THE OCCURRENCE OF MARINE ORGANISMS ON AN ARTIFICIAL REEF IN THE ZADAR CHANNEL

ABSTRACT:

Artificial reefs are increasingly used to preserve and enhance biodiversity in marine ecosystems. A four-year study conducted on an artificial reef in the Zadar Channel aimed to assess its impact on the occurrence of marine organisms, particularly fish communities and benthic organisms.

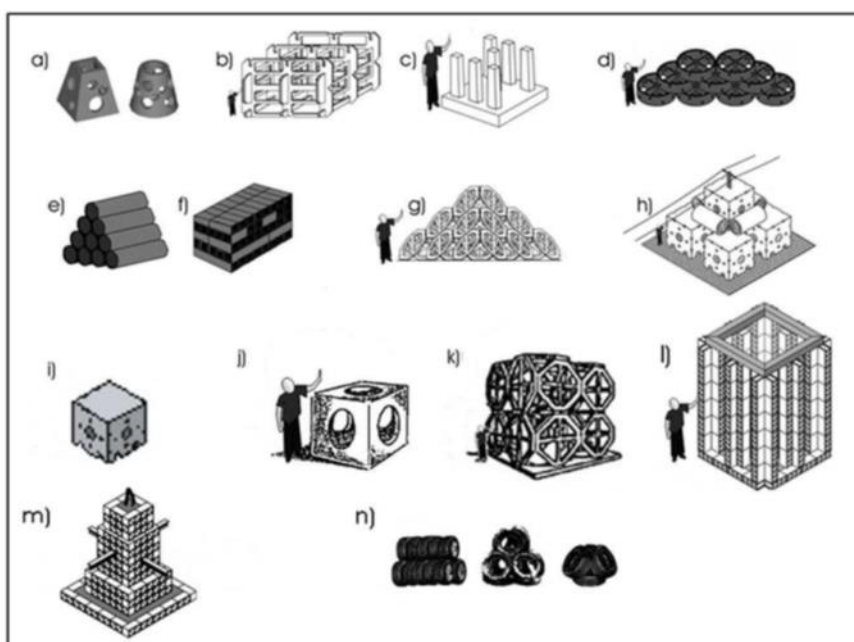
Research methods included monitoring fish and benthic organisms over multiple seasons, with collected data compared to the results of other studies. The BRUV method was used to document fish communities, while benthic organisms were monitored visually and through video recordings.

The results indicate a gradual increase in fish species, such as *Diplodus vulgaris* and *Pagellus acarne*, with a pronounced rise in the early years following the reef's deployment. However, a decline in the abundance of commercially significant species, such as the poor cod (*Trisopterus minutus*) and the common two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*), was observed in the later stages of the study, attributed to fishing pressure. The development of certain benthic organisms, such as mussels (*Mytilus galloprovincialis*), tube worms (*Protula sp.*), and sea cucumbers (*Holothuria tubulosa*), points to the stabilization of the ecosystem despite challenging environmental conditions. It was concluded that the artificial reef contributes to the preservation of marine biodiversity at the installation site, but additional management measures for fishing resources and continued monitoring are needed.

KEYWORDS: artificial reef, biodiversity, Zadar Channel, fish species, benthic organisms, monitoring, fishing pressure

1. UVOD

Umjetni podvodni grebeni postaju ključan alat za očuvanje morskih ekosustava i povećanje bioraznolikosti, posebice u područjima pogođenim ljudskim utjecajem i klimatskim promjenama. Njihova povijest seže tisućama godina unatrag. Još u neolitskom razdoblju ljudi su postavljali strukture kako bi privukli ribu na jedno mjesto i olakšali ulov (Lima et al., 2019.). Koncept umjetnih grebena prisutan je širom svijeta i istražen u različitim kontekstima. Na primjer, studije iz Japana pokazuju upotrebu grebena od bambusa i lišća za privlačenje riba još u 18. stoljeću, dok su istraživanja u Sjedinjenim Američkim Državama dokumentirala razvoj prvih namjerno postavljenih grebena od metalnih i betonskih materijala još u 19. stoljeću (D'Itri, 1986.). Umjetni grebeni imaju potencijal za poboljšanje staništa u područjima degradiranim ljudskim djelovanjem, čime postaju važan alat ne samo za očuvanje bioraznolikosti, već i za razvoj održivih oblika morskog turizma, poput ekoturizma (Cater & Cater, 2007.). Izbor materijala za izgradnju umjetnih grebena ima ključnu ulogu u njihovoj učinkovitosti i dugovječnosti. Na Mediteranu beton je čest materijal zbog svoje poroznosti i teksture, što omogućuje brzo naseljavanje organizama poput školjkaša, spužvi i filtratora. Primjeri različitih dizajna umjetnih grebena prikazani su na Slici 1., koja ilustrira varijabilnost u pristupima izgradnji ovih struktura diljem Europe (Fabi et al., 2011.).



Slika 1: Primjeri modula korištenih za izgradnju umjetnih grebena u Europi iz različitih zemalja: Cipar (a), Francuska (b, c), Njemačka (d), Grčka (e, f), Italija (g, h), Poljska (i), Portugal (j, k), Španjolska (l, m) i Ujedinjeno Kraljevstvo (n) (Fabi et al., 2011.).

Betonski blokovi dimenzija 2x2x2 metra pokazali su se učinkovitima za kolonizaciju dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) i kamenica (*Ostrea edulis*) (Bombace et al., 1997.; Minelli et al., 2021.). Čelične strukture dodatno podržavaju vrste poput zubaca (*Dentex dentex*) te povećavaju bioraznolikost i stabilnost ekosustava (Bombace et al., 1997.).

Sredozemno more, kao jedno od najistraživanijih morskih područja, nudi bogatu literaturu o primjeni umjetnih grebena. Umjetni grebeni doprinose očuvanju i povećanju bioraznolikosti pružajući podlogu za naseljavanje koralja, algi, spužvi, riba i beskralješnjaka. Njihova uloga je posebno važna u uvjetima gdje su prirodni grebeni ugroženi. Povećana koncentracija atmosferskog CO₂ uzrokuje povećanje kiselosti mora i smanjuje dostupnost karbonatnih iona potrebnih za izgradnju koraljnih skeleta (Hoegh-Guldberg, 1999; Kleypas et al., 1999.). U takvim uvjetima umjetni grebeni pružaju stabilna staništa za rast organizama (Cooper et al., 2008.).

U Jadranskom moru, umjetni grebeni imaju posebnu važnost u obnovi bioraznolikosti. Prvi grebeni postavljeni uz Conero Promontory bili su eksperimentalni projekti očuvanja staništa. Studije iz središnjeg Jadrana pokazuju da betonski i čelični grebeni povećavaju gustoću bentoskih organizama, poput mekušaca i mnogočetinaša (Fabi et al., 1997.; Ponti et al., 2011.). Takve strukture također poboljšavaju kvalitetu vode i osiguravaju staništa za komercijalno važne vrste poput zubaca (Beaumont et al., 2007.).

Ovaj rad proučava učinkovitost umjetnog grebena u Zadarskom kanalu koristeći metode BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UVC (Underwater Visual Census) kroz četiri godine, s posebnim naglaskom na promjene u bioraznolikosti i brojnosti zajednica riba. Posebno se ističe značaj ovih struktura za očuvanje morskih ekosustava i bolje upravljanje ribolovnim resursima.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Istraživanja o umjetnim grebenima u svijetu

Jedno od značajnih istraživanja provedeno je na Pendleton umjetnom grebenu (PAR) u južnoj Kaliforniji, SAD. Ovaj greben, izgrađen 1980. godine na pjeskovitom dnu na dubini od 13 metara, sastojao se od osam modula od kamenih gromada, a ukupna površina zahvaćenog područja iznosila je oko 3 hektara. Cilj izgradnje bio je istražiti potencijal umjetnih grebena za kompenzaciju gubitaka staništa uzrokovanih obalnim razvojem. Istraživanja su se fokusirala na utjecaj grebena na bentosku zajednicu, posebno na organizme koji naseljavaju sediment (Ambrose & Anderson, 1990.). Rezultati su pokazali da greben mijenja strukturu okolnog sedimenta, pri čemu su sedimenti bliže grebenu postajali grublji u usporedbi s onima udaljenima 10 ili 20 metara od modula. Ovo je utjecalo na raznolikost i brojnost pojedinih vrsta. Primjerice, gustoća mnogočetinaša *Prionospio pygmaeus* smanjena je u blizini grebena, što može biti posljedica predacije od strane riba povezanih s grebenom ili zbog manje prikladnog staništa u blizini modula. S druge strane, vrste poput mnogočetinaša *Spiophanes spp.* pokazale su veću gustoću u neposrednoj blizini grebena. Najizraženiji učinak grebena zabilježen je kod vrste *Diopatra ornata*, cjevastog mnogočetinaša, koji se naselio isključivo u blizini grebena. Osim toga, ukupna gustoća bentoskih organizama, uključujući rakove, bodljikaše i štrcaljce, bila je veća unutar područja naseljenog vrstom *D. ornata* nego izvan njega. Istraživanjem je zaključeno da umjetni greben utječe na okolnu bentosku zajednicu u malom prostoru, gdje su neke vrste zabilježile povećanje brojnosti, dok su druge bile potisnute (Ambrose & Anderson, 1990.). Također, istraživanja na naftnim platformama u Meksičkom zaljevu pružila su uvid u povezanost prirodnih grebena i umjetnih struktura. Platforme u ovom području, koje djeluju kao umjetni grebeni, omogućuju kolonizaciju raznih morskih organizama, uključujući koralje poput *Madracis decactis*, *Diploria strigosa* i *Montastraea cavernosa*. Istraživanja su pokazala da reproduktivne strategije koralja značajno utječu na obrasce disperzije, pri čemu su vrste s produženim periodima oslobađanja ličinki, poput *M. decactis*, uspješnije u kolonizaciji obližnjih platformi. Ova vrsta, koja proizvodi ličinke spremne za naseljavanje odmah nakon oslobađanja, pokazala je veći afinitet prema prirodnim grebenima poput Flower Garden Banksa (FGB) nego prema udaljenijim umjetnim strukturama (Sammarco et al., 2004.; Atchinson et al., 2008.). Ovi rezultati ističu važnost umjetnih grebena kao sekundarnih staništa u širenju populacija koralja i povećanju bioraznolikosti u područjima s ograničenom količinom prirodnih tvrdih podloga.

2.2. Istraživanja o umjetnim grebenima u Sredozemnom moru

Na Mediteranu umjetni grebeni imaju dugu povijest primjene, a njihova glavna svrha obuhvaća očuvanje bioraznolikosti, zaštitu osjetljivih staništa i unaprjeđenje ribarstva. Povijesno gledano, uporaba kamenja kao sidara za mreže u ribolovu tune u Sredozemnom moru stvorila je nova staništa na morskom dnu, koja su između sezona ribolova služila lokalnim ribarima za eksploataciju ribe, a slične prakse primjenjivane su u različitim dijelovima svijeta. Moderni koncept umjetnih grebena razvijen je u Japanu u 18. stoljeću, odakle se proširio u SAD početkom 19. stoljeća, dok je u Europi sustavno usvojen u drugoj polovici 20. stoljeća. Danas su mediteranske zemlje, poput Francuske, Italije i Cipra, vodeće u razvoju umjetnih grebena u svrhu zaštite ribljeg fonda i očuvanja morskih staništa. U Francuskoj je od 1968. godine izgrađeno preko 90.000 m³ grebena duž mediteranske obale, većinom izrađenih od posebno dizajniranih betonskih modula. Ovi grebeni služe za proizvodnju ribljih resursa i zaštitu od ilegalnog pridnenog ribolova (Relini et al., 2008.). Na Cipru su umjetni grebeni relativno nov koncept, ali su postali ključni alat za sprječavanje ilegalnog povlačenja mreža, povećanje bioraznolikosti i razvoj rekreacijskog ronjenja. Prvi pilot projekt pokrenut je u regiji Amathus, a dodatni projekti planiraju se u drugim dijelovima otoka. Konstrukcija grebena uključuje betonske module s otvorima, čime se osigurava stabilnost podloge i omogućava naseljavanje raznih morskih organizama (Fabi et al., 2011.). Osim materijala poput betona, lokalni okolišni čimbenici, uključujući kvalitetu vode, temperaturu i salinitet, ključni su za uspješnu kolonizaciju grebena. Istraživanja su pokazala da prisutnost i razvoj algi roda *Cystoseira* u zaštićenim morskim područjima značajno doprinose očuvanju bioraznolikosti i otpornosti ekosustava na ljudski pritisak (Kleypas et al., 1999.; Gianni et al., 2013.). Ovi nalazi dodatno potvrđuju važnost preciznog planiranja i praćenja nakon postavljanja grebena, kako bi se osigurao njihov pozitivan utjecaj na morske ekosustave.

2.3. Umjetni grebeni kao alat za obnovu bioraznolikosti u Jadranskom moru

Umjetni grebeni u Jadranskom moru imaju značajnu ulogu u obnovi bioraznolikosti, osobito u područjima pod snažnim utjecajem ljudskih aktivnosti. Ove strukture stvaraju nova staništa za brojne morske organizme i pružaju ključne uvjete za oporavak degradiranih ekosustava. Studije u središnjem Jadranu pokazale su da betonski i čelični umjetni grebeni doprinose povećanju gustoće bentoskih organizama, poput mekušaca i mnogočetinaša, naime broj istraživanja o umjetnim grebenima specifično u Jadranu je još relativno ograničen u usporedbi s drugim dijelovima Sredozemnog mora (Fabi et al., 1997.; Ponti et al., 2011.). Umjetni grebeni ne samo

da pružaju stanište za komercijalno važne vrste riba, kao što je zubatac (*Dentex dentex*), već također doprinose povećanju usluga ekosustava, uključujući obnovu populacija riba i poboljšanje kvalitete vode. Ove usluge ekosustava, koje uključuju stanišne, regulacijske, opskrbe i kulturne funkcije, ključne su za dugoročno održavanje morskih ekosustava i socioekonomske koristi (Beaumont et al., 2007.). Umjetni grebeni također igraju važnu ulogu u ribarstvu, redistribuciji biomase i povećanju populacija riba u područjima s visokim ribolovnim pritiskom, čime se omogućuje obnova i zaštita resursa (Polovina, 1991.). Važnost okolišnih čimbenika, poput temperature, saliniteta i hranjivih tvari, za uspješnu kolonizaciju umjetnih grebena slična je onoj koja je zabilježena za marginalne koraljne grebene na granicama njihovih okolišnih tolerancija (Kleypas et al., 1999.). Ti čimbenici mogu znatno utjecati na uspješnost uspostave umjetnih staništa i njihovu ulogu u očuvanju bioraznolikosti. Osim toga, važnost lokacije i kvalitete morskih staništa za uspješnu kolonizaciju zabilježena je i u istraživanjima o morskim algama roda *Cystoseira* u Sredozemnom moru. U zaštićenim morskim područjima zabilježena je regeneracija ovih algi, koja doprinosi očuvanju bioraznolikosti i jačanju otpornosti ekosustava na ljudske pritiske (Gianni et al., 2013.). Slični pristupi mogu se primijeniti i u Jadranskom moru, gdje su zaštićena područja i umjetni grebeni ključni za dugoročnu ekološku stabilnost. Dodatno, integracija prirodnih rješenja u planove obnove morskih ekosustava, poput umjetnih grebena, može donijeti višestruke koristi, ne samo ekološke, već i društvene i ekonomske. Restorativne ekonomije, koje kombiniraju poslovne aktivnosti s ekološkom obnovom, imaju potencijal za dugoročno očuvanje prirodnih resursa i ekosustavnih usluga, uključujući uloge u ribarstvu i turizmu (Hewitt et al., 2018).

2.4. Utjecaj umjetnih grebena na klimatske promjene

Prirodni koraljni grebeni ključni su za očuvanje morskih ekosustava jer pružaju staništa i zaštitu mnogim vrstama. Međutim, zbog klimatskih promjena, njihova struktura se sve više narušava. Porast temperature i kiselosti mora usporava kalcifikaciju koralja, čime se smanjuje stabilnost grebena (Hoegh-Guldberg, 1999; Kleypas et al., 1999.). Na primjer, na Velikom koraljnom grebenu zabilježeno je smanjenje stope rasta koralja za 1,29% godišnje zbog promjena u kemiji oceana (Cooper et al., 2008.). Umjetni grebeni nude rješenje u područjima gdje su prirodni grebeni ugroženi. Prema istraživanjima, oni pružaju čvrstu podlogu za razvoj morskih organizama i povećavaju brojnost vrsta (Seaman et al., 2000; Jagerroos & Krause, 2016.). Također, umjetni grebeni imaju važnu ulogu u očuvanju ugroženih vrsta, kao što su morske kornjače, koje često koriste ova staništa za hranjenje (Jagerroos & Krause, 2016.). Osim što pružaju nova staništa, umjetni grebeni djeluju i kao zaštićena područja jer smanjuju ribolovni

pritisak (Love et al., 2014). Kvaliteta vode i blizina prirodnih grebena značajno utječu na uspješnost kolonizacije organizama (Atchinson et al., 2008). Unatoč velikom potencijalu, umjetni grebeni osjetljivi su na klimatske promjene. Promjene u temperaturi i kemijskom sastavu mora mogu smanjiti njihovu stabilnost, no dodatna istraživanja mogu pridonijeti boljem razumijevanju ovih utjecaja i unaprijediti njihovu primjenu (Hughes et al., 2003).

3. CILJ I SVRHA RADA

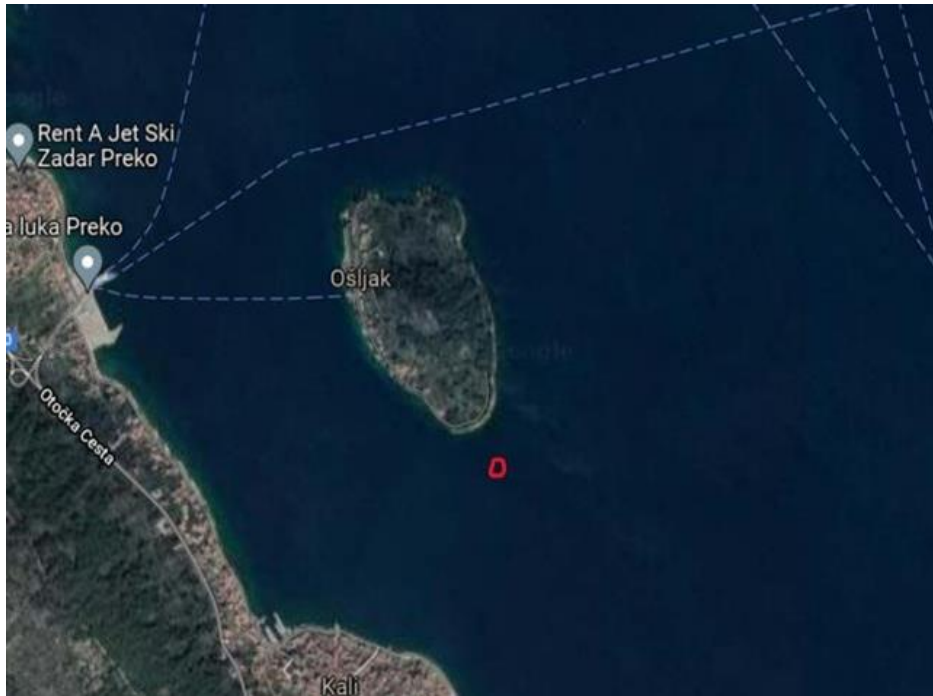
Cilj ovog rada je istražiti i dokumentirati pojavnost morskih organizama na umjetnom grebenu postavljenom u Zadarskom kanalu. Poseban naglasak stavlja se na promjene u bioraznolikosti i brojnosti vrsta riba i bentoskih zajednica tijekom četiri godine.

Svrha rada je procijeniti učinkovitost umjetnog grebena u poticanju razvoja i obogaćivanja morskih ekosustava te pružiti smjernice za buduća istraživanja i upravljanje sličnim strukturama na području Jadrana. Rezultati istraživanja mogu doprinijeti boljem razumijevanju uloge umjetnih grebena u očuvanju biološke raznolikosti i zaštiti obalnih područja.

4. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno od veljače 2021. do lipnja 2024. godine na umjetnom grebenu smještenom u Zadarskom kanalu, jugoistočno od otočića Ošljak. Greben je postavljen na muljevito dno na dubini, a lokacija grebena prikazana je na Google Earth karti (Slika 2.).

Glavni ciljevi istraživanja bili su praćenje kolonizacije ribljih i bentoskih zajednica te procjena utjecaja grebena na bioraznolikost u okolnom području. Korištene metode za procijene ihtiopopulacija su BRUV stereo i monosustav, te vizualna procjena UVC dok je za mjerenje temperature korišteno ronilačko računalo Suunto D4i, a za mjerenje saliniteta korištena je sonda OxyGuard. Mjerenja su provedena na dubini grebena kako bi se osigurala točnost podataka o uvjetima okoliša.



Slika 2: Lokacija postavljenog grebena (izvor: Google Earth)

4.1. Tehničke karakteristike postavljenog grebena

Umjetni greben postavljen u Zadarskom kanalu predstavlja inovativno rješenje za očuvanje morskog okoliša i poticanje biološke raznolikosti. Njegova lokacija je jugoistočno od otočića Ošljak, na udaljenosti od približno 570 metara u azimutu 135° od južne točke otoka. Greben se nalazi na muljevitom dnu na dubini od 33 metra, dok se vrh grebena nalazi na približnoj dubini od 29 metara, što ga čini optimalnim staništem za različite morske organizme. Struktura grebena sastoji se od 60 betonskih prizmi oblikovanih u tlocrtne trokute (Slika 3.), sa stranicama duljine 7,3 metra i visinom od 3,16 metara.



Slika 3: Dizajn grebena (Župan, 2021.)

Ukupni volumen grebena iznosi 24 m³, što pruža stabilan temelj za naseljavanje različitih biljnih i životinjskih organizama, čime se potiče rast podvodnog ekosustava. Uz samu strukturu, postavljeni su i sigurnosni elementi poput plastične plutače jarke boje, koja upozorava plovila na prisutnost grebena i osigurava sigurnost plovidbe u tom području. Hidrografska izmjera provedena je nakon postavljanja grebena, a izrađen je i elaborat izvedenog stanja kako bi se omogućilo dugoročno praćenje utjecaja grebena na morski ekosustav i pružile vrijedne informacije za buduće upravljanje i očuvanje podvodnih resursa. Prvi korak u postavljanju umjetnog grebena bio je odabir lokacije, koja je morala biti u skladu s prostorno-planskom dokumentacijom županije i lokalnim planovima uređenja. Nakon što je lokacija odabrana, provedena je detaljna provjera pravnih aspekata, uključujući propise o upravljanju pomorskim dobrima, te je utvrđena potreba za izdavanjem lokacijske dozvole. Uslijedila je izrada idejnog rješenja za postavljanje umjetnog grebena, pri čemu su uzeti u obzir posebni uvjeti propisani nadležnim tijelima. Kao sastavni dio administrativnog procesa, izrađena je 2020. godine i Maritimna studija koja je obuhvatila navigacijska, meteorološko-oceanografska i hidrografska obilježja, kao i mjere zaštite mora od onečišćenja. Nakon dovršetka idejnog rješenja i Maritimne studije, podnesen je zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole nadležnom Upravnom odjelu za

prostorno uređenje, zaštitu okoliša i komunalne poslove Zadarske županije. Nakon izdavanja lokacijske dozvole, izrađen je idejni projekt, koji je sadržavao sve posebne uvjete propisane nadležnim tijelima zaduženima za pomorska pitanja. Po završetku postavljanja umjetnog grebena, izrađen je elaborat izvedenog stanja, koji je uključivao hidrografske izmjere područja te evidentiranje grebena u službenim izdanjima relevantnih institucija. Kao posljednji korak administrativnog procesa, izvršeno je odgovarajuće označavanje grebena prema zahtjevima Lučke kapetanije, kako bi se osigurala sigurnost plovidbe. Ovim postupcima osigurano je da postavljanje umjetnog grebena bude u skladu sa svim zakonskim i regulativnim obvezama.

Istraživanje stanja umjetnog grebena postavljenog u Zadarskom kanalu provedeno je kroz nekoliko faza monitoringa u razdoblju od 2021. do 2024. godine. Ukupno su obavljena četiri glavna ciklusa istraživanja, s ciljem praćenja napretka agregacije riba te flore i ostale faune koja se razvila na grebenu.

4.2. Kronološki prikaz snimanja po godinama

4.2.1. Praćenje stanja grebena u 2021. godini

Preliminarno istraživanje obavljeno je u travnju 2021., dva mjeseca nakon postavljanja grebena u veljači iste godine. Ovaj prvi monitoring trajao je pet uzastopnih dana (26. – 30. travnja 2021.), a cilj je bio utvrditi početno stanje grebena nakon potapanja. Drugi ciklus istraživanja obavljen je krajem srpnja, početkom kolovoza i krajem rujna, s fokusom na riblji fond, šest mjeseci nakon postavljanja grebena. U ovom periodu korištene su dvije metode monitoringa: BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UCV (Underwater Visual Census). Metoda pomoću ROV-a (Remote Operated Vehicle) odbačena je zbog smanjene vidljivosti, koja je otežavala snimanje grebena. Četvrto istraživanje bilo je planirano za početak 2022. s ciljem praćenja stanja grebena godinu dana nakon potapanja.

4.2.2. Praćenje stanja grebena u 2022. godini

Prvo istraživanje u ovoj godini obavljeno je krajem veljače, točno godinu dana nakon polaganja grebena, s naglaskom na promjene u sastavu ihtiopopulacija te stanje flore i faune. Drugi monitoring proveden je krajem travnja, a treći u lipnju 2022. godine, u trajanju od tri dana, gdje je svaki dan snimanje trajalo oko šest sati. Tijekom ovih istraživanja korištene su iste metode kao i prethodne godine – BRUV kao glavna metoda te UCV kao kontrolna metoda za praćenje stanja unutar grebena.

4.2.3. Praćenje stanja grebena u 2023. godini

Monitoring je nastavljen u lipnju i listopadu/studenom 2023. godine, kako bi se utvrdilo stanje ihtiopopulacija te flore i faune na grebenu tri godine nakon postavljanja. Snimanje je trajalo oko četiri sata dnevno, a korištene su metode BRUV i UCV. BRUV je ponovno bio glavna metoda, dok je UCV korišten za dublje snimanje unutar grebena gdje primjena BRUV metode nije bila moguća.

4.2.4. Praćenje stanja grebena u 2024. godini

Posljednje istraživanje provedeno je u svibnju i lipnju 2024. godine, s ciljem procjene stanja grebena nakon tri godine od postavljanja. Svakodnevno snimanje trajalo je oko četiri sata, a metode praćenja ostale su iste, s BRUV-om kao glavnom metodom i UCV-om kao kontrolnom metodom.

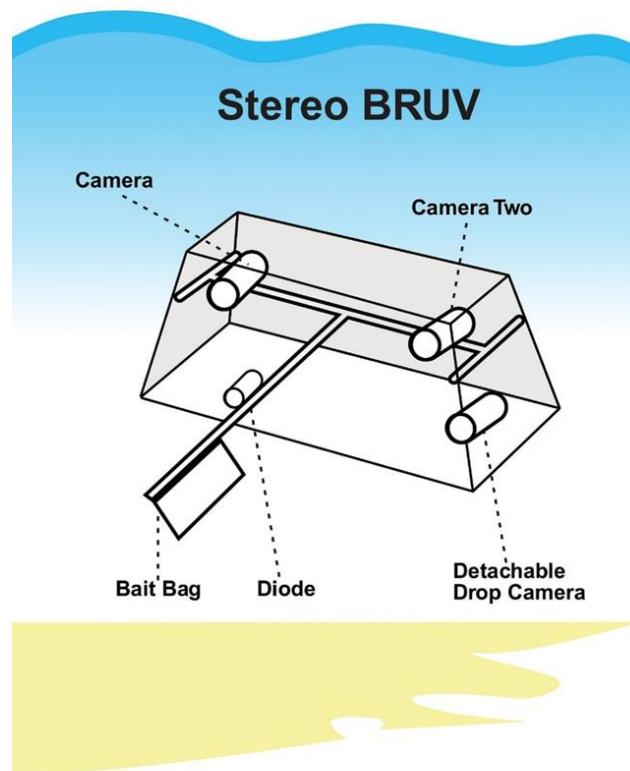
4.3. Opis metoda

4.3.1. BRUV- Baited Underwater Remoted Video

BRUV metoda (Baited Remote Underwater Video) koristi se za snimanje riba u njihovom prirodnom okruženju bez prisustva ronilaca, što smanjuje utjecaj ljudske prisutnosti na ponašanje riba. Kamere se postavljaju na morsko dno, često s mamcem kako bi privukle ribe iz okolnih područja. Ova metoda omogućuje neinvazivno prikupljanje podataka o sastavu i brojnosti zajednica riba. BRUV sustavi su korišteni u brojnim istraživanjima za procjenu populacija riba, uključujući inter-reef područja na Velikom koraljnom grebenu, gdje su se pokazali učinkovitima u usporedbi s tradicionalnim metodama (Cappo et al., 2007.). Postoje dvije glavne varijante BRUV sustava – stereo i mono.

a) *Stereo sustav*

Stereo BRUV sustav koristi dvije kamere postavljene na metalni okvir s razmakom od 0,8 metara i zakrenute za 8°, što omogućuje trodimenzionalnu vizualizaciju, odnosno snimanje scene iz dva različita kuta i precizno mjerenje veličine i udaljenosti riba. Sustav se može koristiti uz pomoć ronioca ili može biti postavljen na morsko dno bez prisustva ronioca (Slika 4.). Dodavanje mamca ispred kamera privlači karnivorne vrste, bez utjecaja na brojnost herbivornih vrsta (Harvey et al., 2007). Ova metoda se posebno pokazala korisnom u uvjetima dobre vidljivosti i u dubokim vodama, gdje je precizno mjerenje populacija riba ključan aspekt istraživanja. Stereo BRUV sustav se koristi i u istraživanjima pelagičkih vrsta, omogućujući praćenje promjena u sastavu zajednica riba tijekom vremena i kroz različite prostore (Santana-Garcon et al., 2014).

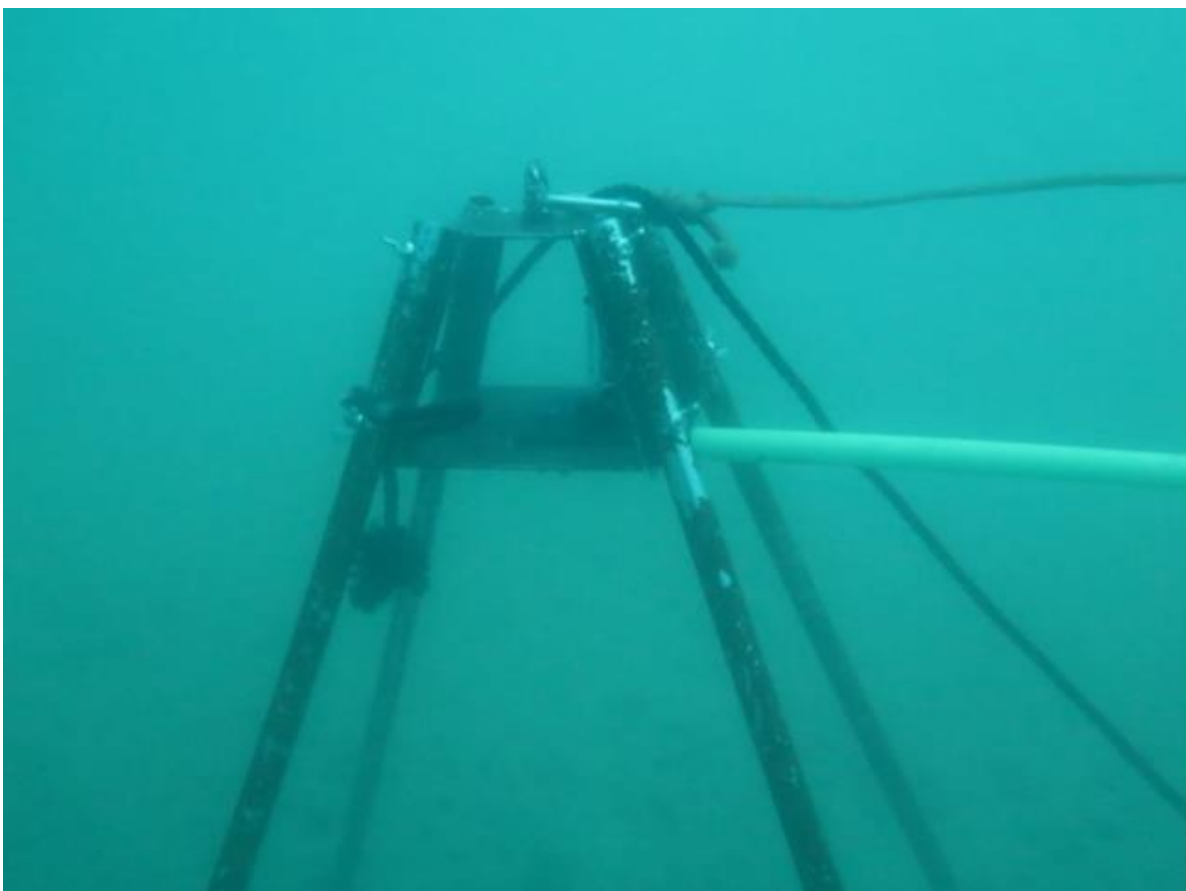


Slika 4: Stereo BRUV (Fetterplace & Rees, 2018.)

b) *Mono sustav*

Mono BRUV sustav (Baited Remote Underwater Video) koristi samo jednu kameru za snimanje riba u podvodnom okruženju (Slika 5.). Za razliku od stereo sustava, mono sustav ne pruža trodimenzionalni prikaz, niti točna mjerenja veličine i udaljenosti riba, ali je i dalje vrlo

koristan alat za praćenje brojnosti i sastava zajednica riba. Kamera može biti postavljena vodoravno ili okomito u odnosu na morsko dno, ovisno o potrebama istraživanja i specifičnim uvjetima na terenu (Langlois et al., 2010). Mono sustav se često koristi u uvjetima smanjene vidljivosti ili u situacijama gdje su jednostavniji podaci dovoljni za analizu zajednica riba. Fleksibilnost ovog sustava omogućuje njegovu primjenu u različitim uvjetima – može biti postavljen na metalni okvir na dnu mora ili korišten u pokretu, ovisno o specifičnim zahtjevima istraživanja. Zbog svoje jednostavnosti i pristupačne cijene, mono BRUV sustav je idealan za dugotrajne studije i može se koristiti u velikom broju ponavljanja snimanja, što je važno za dugoročno praćenje morskih zajednica (Watson et al., 2005).



Slika 5: Mono sustav BRUV korišten u istraživanju grebena (Župan, 2022.)

4.3.2. Podvodna vizualna procjena (UVC)

Metoda podvodne vizualne procjene (Underwater visual census – UVC) široko je korištena za istraživanje zajednica riba, posebno na grebenima i u plitkim priobalnim ekosustavima. Ova metoda omogućuje brzo i jednostavno prikupljanje podataka o relativnoj brojnosti, biomasi, veličini i distribuciji riba, što je ključno za procjenu stanja ekosustava (Harmelin-Vivien et al., 1985; Thresher & Gunn, 1986). Iako vizualni cenzus podliježe određenim ograničenjima, poput

utjecaja vidljivosti i ponašanja riba u prisutnosti ronioca, metoda se smatra izuzetno korisnom u područjima gdje su destruktivne metode zabranjene ili neželjene (Samoilys, 1997). UVC metoda često se koristi kao dopunska tehnika u kombinaciji s BRUV-om, omogućujući preciznije praćenje na složenim strukturama grebena, gdje je upotreba kamera ograničena.

Dodatna preciznost kod vizualnih procjena može se postići korištenjem DOV (Diver Operated Video) sustava, koji uključuje stereo kamere na metalnom okviru, čime se omogućuje stereo video snimanje. Ovaj sustav osobito je koristan u uvjetima smanjene vidljivosti, karakterističnim za složenija staništa, jer pomaže minimizirati potencijalne pogreške kod procjene veličine i brojnosti riba. Vizualne procjene pri korištenju UVC metode obično uključuju unaprijed određene transekte, uz bilježenje prisutnosti i brojnosti vrsta riba te sastava bentoskih zajednica. Iako postoje ograničenja UVC metode, uključujući smanjenu vidljivost i moguće utjecaje prisutnosti ronioca na ponašanje riba, metoda pruža vrijedne podatke o strukturi i distribuciji zajednica riba (Crec'hriou et al., 2013.)

4.3.3. Sonda OxyGuard

Tijekom istraživanja salinitet mora mjeriti se sondom OxyGuard, posebno dizajniranom za akvakulturu. Ova sonda ima tvorničku kalibraciju i automatsku temperaturnu kompenzaciju, sonda omogućuje točna mjerenja saliniteta uz minimalni utjecaj naslaga na površini zahvaljujući induktivnoj tehnologiji; dovoljno je osigurati da je otvor na sondi čist i prohodan. Salinitet se mjeri prema međunarodno dogovorenoj PSS-78 skali (Practical Salinity Scale 78) (OxyGuard International A/S, 2013).

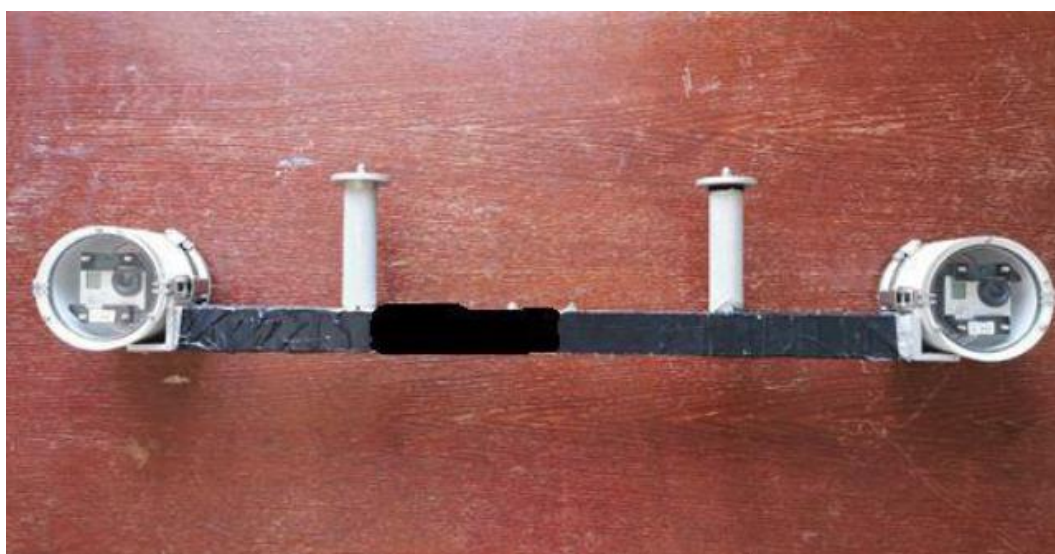
4.4. Tehnike monitoringa zajednica riba na umjetnom grebenu

U istraživanju na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu korištene su dvije konfiguracije BRUV sustava – mono i stereo – kao glavne metode monitoringa zajednica riba. Mono BRUV sustav, s jednom kamerom, korišten je za prikupljanje osnovnih podataka o prisutnosti i brojnosti ribljih vrsta u uvjetima smanjene vidljivosti, u kojima stereo mjerenja nisu bila moguća. Kao mamac za privlačenje riba korišteni su svježa srdela i dagnja, što je povećalo učinkovitost snimanja. Stereo BRUV sustav, s dvije kamere postavljene na metalni okvir, omogućio je preciznija trodimenzionalna mjerenja i korišten je u uvjetima bolje vidljivosti za detaljniju analizu sastava zajednica riba (Slika 6.).



Slika 6: Stereo Bruv sustav korišten u istraživanju (Župan, 2021.)

UVC metoda, koja uključuje prisutnost ronioaca za bilježenje prisutnosti i brojnosti vrsta, korištena je kao kontrolna metoda za snimanje unutar struktura grebena, gdje BRUV nije bio primjenjiv. UVC sustav korišten je u ovom istraživanju u kombinaciji s DOV (Diver Operated Video) sustavom (Slika 7.), čime je UVC metoda omogućila preciznije podatke o sastavu ribljih i bentoskih zajednica u složenim dijelovima grebena.



Slika 7: DOV (Diver Operated Video) korišten u istraživanju (Župan, 2023.)

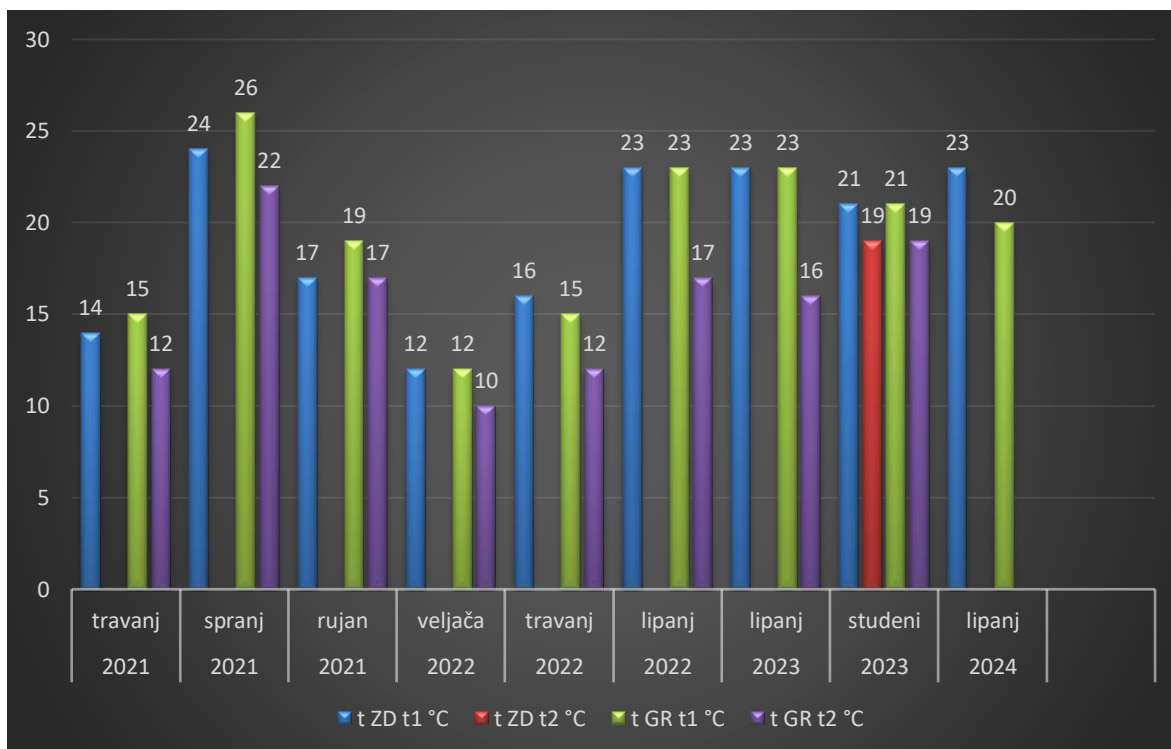
4.5. Statističke metode

Za analizu prikupljenih podataka korištene su deskriptivne i inferencijalne statističke metode. Podaci su obrađeni i analizirani u programu Microsoft Excel, koji je korišten i za izradu grafova. Deskriptivne statistike korištene su za izračun srednjih vrijednosti i prikaz osnovnih trendova u temperaturama i brojnosti riba. Za usporedbu površinskih i pridnenih temperatura korišten je t-test, dok je ANOVA test primijenjen za usporedbu temperatura između godina. Za brojnost komercijalno važnih vrsta riba, poput batoglavca, ugotice i fratra, korišten je Kruskal-Wallis test radi analize razlika kroz godine. Rezultati su prikazani stupčastim i linijskim grafovima radi vizualne interpretacije podataka, a razina značajnosti postavljena je na $p < 0,05$.

5. REZULTATI

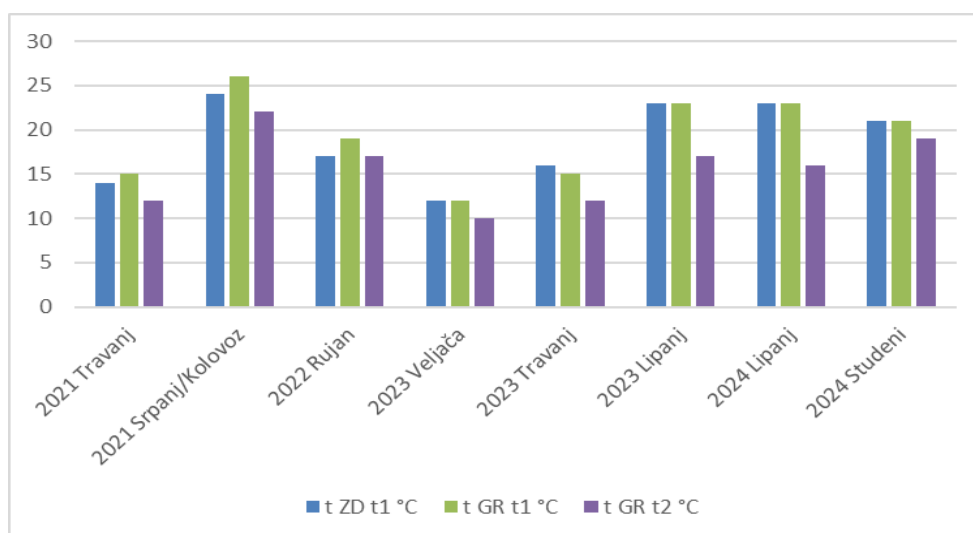
5.1. Promjene temperature mora kroz godine

Umjetni greben u Zadarskom kanalu postavljen je s ciljem poboljšanja bioraznolikosti i stvaranja novog staništa za morske organizme. Smješten na relativno plitkom morskom dnu, greben se nalazi u području izloženom umjerenim do jakim morskim strujanjima koja osiguravaju cirkulaciju hranjivih tvari, ali ponekad otežavaju monitoring uvjeta. Površina grebena postupno se stabilizirala slojem muljevitog sedimenta, omogućujući naseljavanje različitih obraštajnih organizama. Praćenje fizikalnih uvjeta, uključujući temperaturu i salinitet mora, provedeno je tijekom nekoliko godina kako bi se prikazale sezonske i godišnje promjene koje utječu na morski ekosustav grebena. Rezultati mjerenja površinskih (t_1) i pridnenih (t_2) temperatura na grebenu prikazani su grafičkim prikazom na Slici 8. Analiza razlika između t_1 i t_2 temperatura pomoću t-testa pokazala je da razlike nisu statistički značajne ($t = 1,52$; $p = 0,151$). Prosječne temperature za Zadar (t_{ZD}), preuzete iz podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), korištene su kao referenca (URL1).



Slika 8: Rezultati mjerenja temperature u intervalu od 2021.-2024. Zadar

Grafički prikaz sezonskih oscilacija temperature vidljiv je na Slici 9., gdje se jasno primjećuju razlike između površinskih i pridnenih temperatura kroz godine od 2021. do 2024., a razlike između sezona i godina analizirane su pomoću ANOVA testa.



Slika 9: Usporedba srednjih vrijednosti temperatura u Zadarskom kanalu (t ZD) s temperaturama specifičnim za lokaciju grebena (t GR) tijekom promatranog razdoblja.

U 2021. godini, početno istraživanje zabilježilo je izražene sezonske promjene, s jasnim razlikama između površinskih i pridnenih temperatura, osobito u proljetnim i jesenskim mjesecima. U ljetnim mjesecima, površinska temperatura dosegla je svoj maksimum od 26 °C,

dok je pridnena temperatura ostajala stabilnija. Tijekom 2022. godine, temperature su pokazale stabilniji obrazac, osobito u proljeće, a vidljivost na lokaciji također je bila poboljšana. Ljetne temperature, iako visoke, bile su nešto niže nego prethodne godine, dok je najniža pridnena temperatura od 10 °C zabilježena u veljači, što se odrazilo na sastav ribljih i bentoskih zajednica. Godina 2023. donijela je niže temperature u jesenskom razdoblju, dok su ljetne temperature bile niže nego 2021. godine, što je pratila i smanjena vidljivost, osobito tijekom istraživanja u lipnju. Ove promjene u temperaturama pokazuju sezonski utjecaj na obrasce naseljavanja vrsta i prisutnost određenih riba na grebenu. Istraživanja provedena u svibnju i lipnju 2024. godine zabilježila su nešto niže temperature nego prethodne godine, dok je prisutna slaba vidljivost dodatno otežala bilježenje manjih organizama i kriptičnih vrsta u pridnenim slojevima grebena. Salinitet na grebenu ostao je stabilan kroz godine, s prosječnim vrijednostima između 37 i 38 ‰, karakterističnim za otvoreno Jadransko more, što stvara povoljne uvjete za naseljavanje organizama. Vidljivost se sezonski mijenja – ljeti je slabija zbog prisutnosti čestica, dok u zimskim mjesecima poboljšana vidljivost omogućava precizniji monitoring. Loša ljetna vidljivost predstavlja izazov za podvodne metode kao što su BRUV i UVC, no korištenje DOV-a omogućilo je prikupljanje preciznijih podataka u uvjetima smanjene vidljivosti. Oscilacije temperature kroz godine ukazuju na sezonski utjecaj na pridnenu zonu grebena, koja je ključna za opstanak obraštajnih organizama i stabilnost zajednica riba. Struktura grebena, ukopana oko 50 cm u sediment, osigurava dugoročnu stabilnost grebena i omogućava kontinuirano praćenje bioloških i fizikalnih uvjeta na lokaciji, čime se ostvaruje sveobuhvatan uvid u dinamiku ribljih i bentoskih zajednica na grebenu.

5.2. Rezultati monitoringa 2021. godine

Tijekom 2021. godine, snimanje na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu provedeno je u tri vremenska perioda: proljeće (travanj), ljeto (srpanj/kolovoz) i rana jesen (rujan). Glavne metode korištene u istraživanju bile su BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UVC (Underwater Visual Census), dok je pokušaj snimanja metodom ROV (Remote Operated Vehicle) podbacio zbog slabije vidljivosti na lokaciji. Sedimentacija finim organskim detritusom zabilježena je na površinama grebena u svim istraživanim periodima, što je smanjilo vidljivost i otežalo praćenje. U 2021. godini primijećen je početak obraštaja grebena smeđim algama i spužvama, dok su bentoski organizmi, poput trpova i morskih zvijezdača, također zabilježeni na vanjskim plohama grebena. Međutim, nije zabilježena značajnija kolonizacija unutar samog grebena. Ukupno je zabilježeno devet različitih vrsta riba. Broj vrsta postupno je

rastao od travnja, kada su zabilježene prve četiri vrste, do rujna, kada je zabilježeno svih devet vrsta, što predstavlja rast od 80%. Najveća abundancija riba uočena je u rujnu.

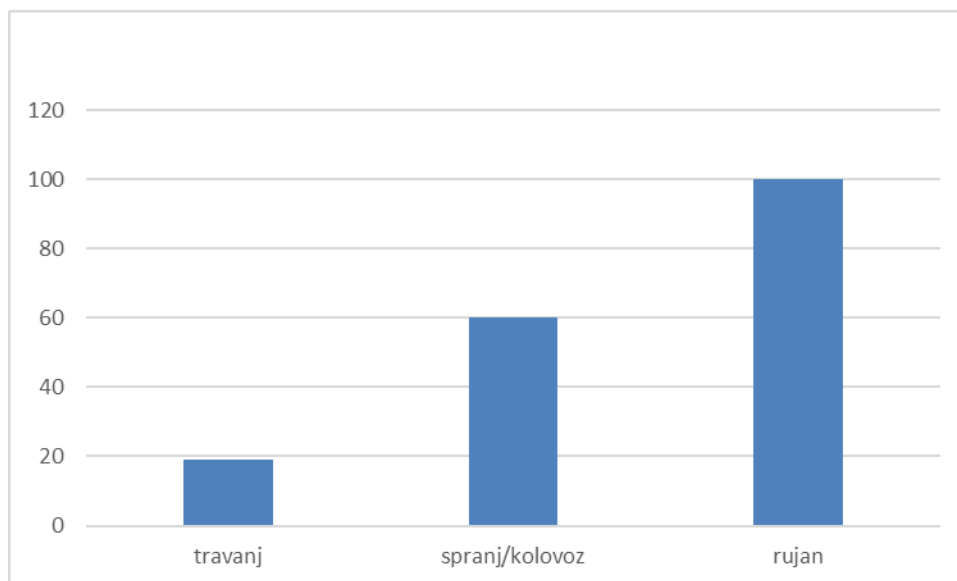
5.2.1. Vrste riba zabilježene u 2021. godini

Spicara flexuosa (gira oštrulja) (Slika 10.): Ova vrsta preferira muljevito-pjeskovita dna i u 2021. godini bila je jedna od najdominantnijih na grebenu. Zabilježena je u sva tri vremenska perioda, pri čemu je abundancija rasla tijekom godine. U travnju je zabilježeno manje od 20 jedinki, dok je u rujnu taj broj narastao na oko 100 jedinki. Mužjaci ove vrste prepoznatljivi su po plavičastoj boji tijekom mrijesta (Jardas, 1996.).



Slika 10: *Spicara flexuosa* na grebenu (Župan, 2021.)

Broj jedinki vrste *Spicara flexuosa* tijekom godine značajno je porastao, s manje od 20 jedinki u travnju na preko 100 jedinki u rujnu (ANOVA test: $F = 3963,46$; $p < 0,001$). Ovaj trend, prikazan na Slici 11., ukazuje na postupnu stabilizaciju staništa i privlačnost grebena za ovu vrstu. Povoljni uvjeti koje greben nudi, unatoč izazovima poput smanjene vidljivosti tijekom istraživanja, ključni su za povećanje brojnosti.



Slika 11: Rast broja jedinki *Spicara flexuosa* tijekom 2021. godine.

Pagellus acarne (batoglavac): Pridnena vrsta koja preferira mekša dna i obitava na dubinama do 200 metara. U istraživanju su zabilježene veće skupine batoglavaca, s najvećom abundancijom u srpnju/kolovozu, gdje je snimljeno do 15 jedinki po kadru. Njihova abundancija također je otežana slabijom vidljivošću (Jardas, 1996.).

Diplodus vulgaris (fratar): Fratar je zabilježen u manjim grupama, a najviše su zamijećena dva primjerka po kadru. Ova vrsta preferira hridinasta i vegetacijska staništa, a tijekom istraživanja zabilježena je pomoću obje metode, BRUV i UVC (Jardas, 1996.).

Mullus spp. (trlje): Zabilježene metodom BRUV, no zbog loše vidljivosti nije bilo moguće precizno odrediti o kojoj vrsti trlje se radi. Ove pridnene ribe žive na muljevitim i pjeskovitim dnima te su često prisutne u manjim plovama (Jardas, 1996.).

Pagellus erythrinus (arbun): Arbun je uočen tijekom ljetnih i jesenskih mjeseci, s većim brojem jedinki zabilježenih u rujnu. Ova vrsta preferira pjeskovito-muljevito dno te se hrani uglavnom mnogočetinašima i mekušcima (Jardas, 1996.).

Serranus hepatus (vučić): Ova vrsta, koja živi iznad muljevito-pjeskovitih dna, ekonomski je beznačajna, no njena prisutnost ukazuje na stabilne uvjete na grebenu (Jardas, 1996.).

Sparus aurata (orada): Tijekom istraživanja u 2021. godini zabilježene su dvije jedinke orade (Slika 12.) tehnikom BRUV. Ova komercijalno važna vrsta preferira hridinasta i pjeskovita dna i često obitava u blizini umjetnih struktura, a uočena je u manjim plovama (Jardas, 1996.).



Slika 12: *Sparus aurata* (Župan, 2021.)

Diplodus annularis (špar): Ova manja, komercijalno manje važna vrsta zabilježena je tehnikom BRUV, pri čemu su snimljene tri jedinke po kadru. Špar preferira pliće pjeskovita i muljevita dna (Jardas, 1996.).

Trachurus trachurus (šarun): Pripada porodici bitnica (*Carangidae*) i naseljava muljevita, pjeskovita i ljušturasta dna, obično na dubinama od 80 do 200 m. Ova pelagična vrsta najčešće živi u manjim plovama, a mrijesti se od studenog do svibnja. Često obitava u blizini umjetnih struktura poput platformi i uzgajališta. Gospodarski je značajna i lovi se raznim ribolovnim alatima, uključujući koće, plivarice i stajaćice (Jardas, 1996.). Tijekom istraživanja na grebenu, šarun je zabilježen pomoću UVC tehnike, u manjim plovama uz sidreni lanac i konop.

5.3. Rezultati monitoringa 2022. godine

Tijekom 2022. godine, snimanje na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu provedeno je u pet vremenskih perioda: veljača, travanj, svibanj, kolovoz i rujan. Glavne metode korištene u istraživanju bile su BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UVC (Underwater Visual Census), dok je vidljivost na lokaciji bila nešto bolja nego prethodne godine, posebno tijekom proljeća. U usporedbi s 2021. godinom, površina grebena postala je znatno bogatija zajednicama smeđih algi, spužvama i lišajevima. Iako bentoski organizmi nisu detaljno analizirani, evidentno je da su se njihove zajednice počele razvijati i povećavati u 2022. godini.

Također, primijećena je i početna kolonizacija unutar samog grebena (Slika 14.), što ukazuje na daljnji razvoj bioraznolikosti. Ukupno je zabilježeno 21 vrste riba sa 100% sigurnošću, što predstavlja porast od 13 vrsta u odnosu na prošlu godinu. Neke od novih vrsta zabilježene su prvi put na grebenu, što potvrđuje stabilizaciju i povećanje bioraznolikosti na lokaciji. Gire (*Spicara flexuosa*), batoglavac (*Pagellus acarne*), ugotica (*Trisopterus minutus*) i fratar (*Diplodus vulgaris*) ponovno su zabilježeni kao trajne vrste na grebenu, dok su neke nove vrste postale prisutne u značajnim brojevima (Jardas, 1996.).

5.3.1. Opisi novih vrsta zabilježenih u 2022. godini

Diplodus sargus (šarag): Priobalna vrsta koja preferira hridinasta i kamenita dna. Zabilježena u ljetnim i jesenskim snimanjima 2022. godine. Šarag je komercijalno značajna riba, često lovljena mrežama i parangalima (Jardas, 1996.).

Diplodus puntazzo (pic): Ova pridnena vrsta preferira pjeskovita i muljevita dna. Komercijalno značajna riba za mali obalni ribolov. Zabilježena je tijekom ljeta 2022. godine u značajnim brojevima (Jardas, 1996.).

Symphodus doderleini (hinac dugoprugac): Zabilježen na grebenu tijekom proljeća 2022. godine. Ova vrsta živi na kamenitim i algama obraslim staništima. Rijetko viđena na grebenu ranijih godina, no 2022. pokazala je veću prisutnost (Jardas, 1996.).

Trisopterus minutus (ugotica) (Slika 13.): Ugotica preferira muljevita i pjeskovita dna, zabilježena u velikom broju u snimkama iz rujna 2022. godine. Ova riba se često lovi kočama i mrežama stajaćicama (Jardas, 1996.).

SpondylIOSoma cantharus (kantar): Ova priobalna vrsta preferira hridinasta dna i koraligenske zajednice. Zabilježena je jednom metodom BRUV u rujnu 2022., pri čemu je snimljen jedan primjerak pored grebena (Jardas, 1996.).



Slika 13: Kolonizacija ugitoce na grebenu vrste *Trisoptresus minutus* (Pejdo, 2022.)

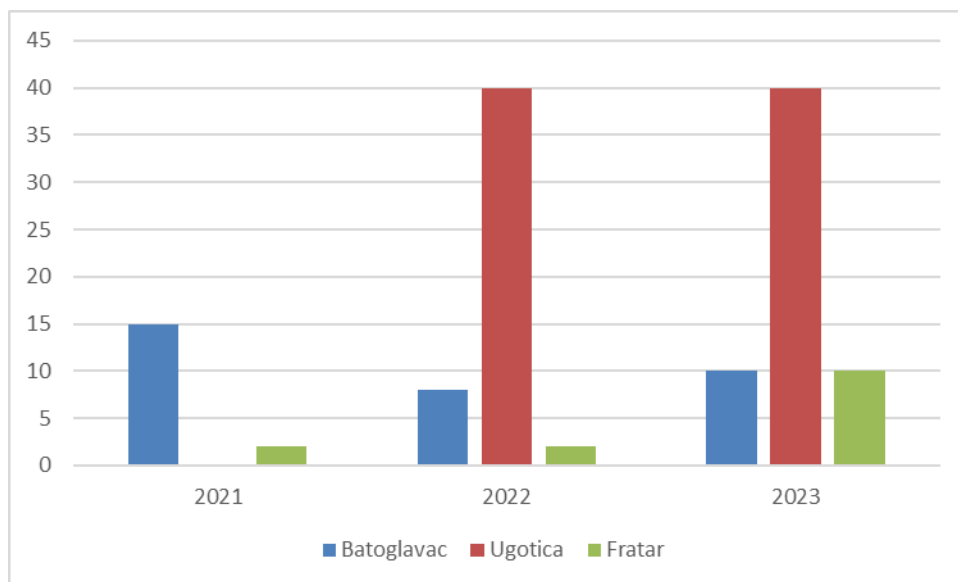


Slika 14: Kolonizacija unutar grebena (Župan, 2022.)

5.4. Promjene u ribljim zajednicama tijekom 2023. godine

Tijekom 2023. godine, snimanje na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu provedeno je u dva navrata: ljetni ciklus (lipanj) i jesenski ciklus (studeni). Glavne metode korištene u istraživanju bile su BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UVC (Underwater Visual Census). Vidljivost je tijekom oba ciklusa bila ograničena, osobito u ljetnim mjesecima, što je otežalo

preciznu determinaciju vrsta. Ukupan broj vrsta koje su determinirane sa 100% sigurnošću, pao je na 7, što sugerira da je 2023. godina bila izložena vjerovatno prekomjernom izlovu. Razvoj obraštajnih organizama, poput smeđih algi roda *Cystoseira*, nastavlja se, ali je i dalje usporen. Bentoski organizmi, poput trpova, zadržali su svoju prisutnost na vanjskim površinama grebena, dok se proces kolonizacije nastavlja, ali bez značajnijih promjena u unutarnjim dijelovima grebena. Ukupno je zabilježeno 7 vrsta riba sa 100% sigurnošću, uključujući dvije nove vrste – lampugu (*Coryphaena hippurus*) i strijelku (*Pomatomus saltatrix*), koje su prvi put primijećene na površini iznad grebena. Ove pelagične predatorske vrste pojavile su se u blizini signalne plutače, što ukazuje na stabilizaciju hranidbenog lanca oko grebena. Komercijalno značajne vrste poput ugotice (*Trisopterus minutus*), trlje (*Mullus spp.*), batoglavca (*Pagellus acarne*) i fratra (*Diplodus vulgaris*) ostale su dominantne, potvrđujući stabilizaciju ihtiofaune na grebenu u 2023. godini (Jardas, 1996.). Trendovi u populacijama batoglavca, ugotice i fratra tijekom tri godine istraživanja, prikazani na Slici 15., analizirani su pomoću Kruskal-Wallis testa. Rezultati za ugoticu ($H = 3,00$; $p = 0,392$) pokazuju da razlike u brojnosti tijekom godina nisu statistički značajne. S druge strane, populacije batoglavca i fratra zadržale su stabilnost tijekom svih godina istraživanja, što ukazuje na njihovu stalnu prisutnost na grebenu."



Slika 15: Prikaz trendova u populacijama batoglavca, ugotice i fratra na grebenu u tri godine istraživanja

5.5. Zaključci snimanja iz 2024. godine

Tijekom svibnja i lipnja 2024. godine, snimanje na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu provedeno je u tri navrata, svaki dan u trajanju od oko 4 sata. Korištene su metode BRUV (Baited Remote Underwater Video) i UVC (Underwater Visual Census), no uvjeti vidljivosti bili su izrazito loši, osobito u pridnenom sloju i na samom grebenu. Zbog toga je precizna determinacija vrsta bila otežana. Unatoč izazovnim uvjetima, broj zabilježenih vrsta riba ostao je stabilan, a komercijalno važne vrste poput ugotice (*Trisopterus minutus*), fratra (*Diplodus vulgaris*), batoglavca (*Pagellus acarne*) i trlje (*Mullus spp.*) nastavljaju dominirati grebenom. Posebno je važno napomenuti pojavu dviju novih vrsta: kneza (*Coris julis*) i zubaca (*Dentex dentex*).

Knez (*Coris julis*) je šarena, pridnena riba koja preferira kamenita i travnata staništa na plitkim morskim područjima. Ova vrsta je prepoznatljiva po svojoj boji – mužjaci su plavkasti s karakterističnim crvenim prugama, dok su ženke obično smeđe-zelenkaste. Knez je uobičajena vrsta na Jadranu, no njegova pojava na grebenu predstavlja znak daljnje kolonizacije umjetnog staništa (Jardas, 1996.).

Zubatac (*Dentex dentex*) je vrsta poznata po svojoj predatorskoj prirodi. Zubatac naseljava kamenita dna i dublje priobalne zone, a prepoznatljiv je po snažnim čeljustima i oštrim zubima, zbog čega je posebno cijenjen među ribolovcima. Njegova prisutnost na grebenu ukazuje na potencijalnu uspostavu viših karika hranidbenog lanca, čime greben počinje privlačiti top predatore (Jardas, 1996.). Uz prisutnost novih vrsta, zabilježen je i porast broja obraštajnih organizama, dominantno mnogočetinaša i plaštenjaka. Ipak, zbog loše vidljivosti, vrste sesilnih organizama bilo je teško precizno odrediti. Greben i dalje pruža stanište za raznovrsne organizme, dok dominantne vrste pokazuju znakove stabilizacije. Zaključno, ukupni podaci o brojnosti vrsta riba na grebenu tijekom istraživačkih godina prikazani su u tablici i grafičkim prikazom.

Tablica 3. prikazuje sve zabilježene vrste riba na grebenu od 2021. do 2024. godine, komercijalno važne vrste poput ugotice (*Trisopterus minutus*), fratra (*Diplodus vulgaris*) i batoglavca (*Pagellus acarne*) pokazale su varijacije u brojnosti, pri čemu je u 2023. godini zabilježen pad, dok je u 2024. godini broj vrsta ponovno porastao, ne značajno ali porast je vidljiv.

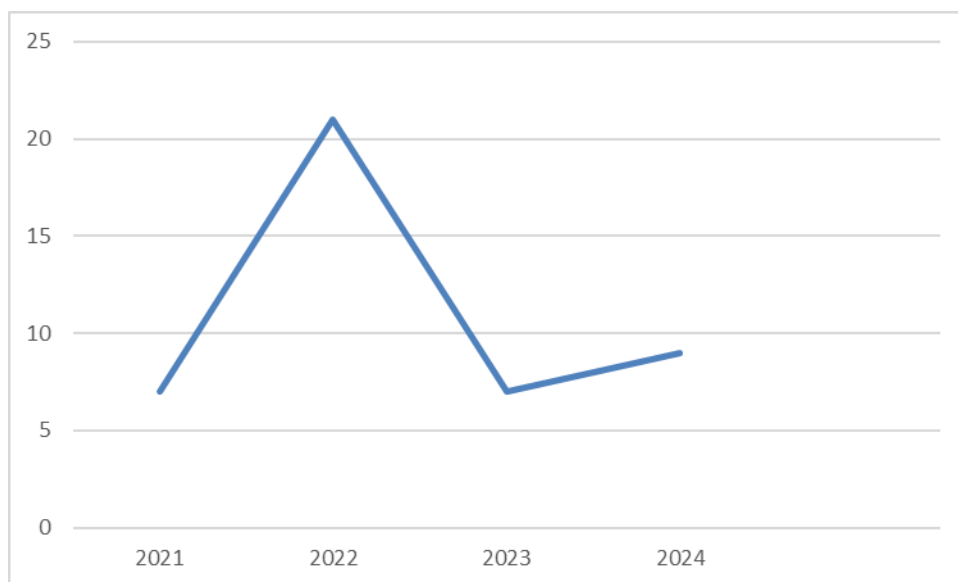
Brojnost zabilježenih vrsta riba u razdoblju od 2021. do 2024. godine, prikazana na Slici 16., analizirana je pomoću ANOVA testa. Rezultati ($F = 292,86$; $p < 0,001$) ukazuju na značajne

razlike u brojnosti između godina. Zabilježen je trend rasta broja vrsta od 2021. do 2022. godine, sa 9 na 21 vrstu. Smanjenje na 7 vrsta u 2023. godini može se povezati s ribolovnim pritiscima, dok se u 2024. godini bilježi ponovni rast na 9 vrsta, što sugerira potencijalnu stabilizaciju ihtiofaune na grebenu, ovo se odnosi samo na vrste koje su determinirane sa 100% sigurnošću.

Tablica 1. Pregled zabilježenih vrsta riba sa sigurnošću na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu u razdoblju od 2021. do 2024.

VRSTA	2021			2022		2023		2024
	travanj	srpanj- kolovoz	rujan	proljeće	jesen	lipanj	studeni	lipanj
<i>Boops boops</i>				X	X			
<i>Coryphaena hippurus</i>						X	X	X
<i>Dentex dentex</i>								X
<i>Diplodus annularis</i>		X	X	X	X			
<i>Diplodus puntazzo</i>					X			
<i>Diplodus sargus</i>				X	X			
<i>Diplodus vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gobius niger</i>					X			
<i>Mullus spp.</i>	X	X	X	X	X			
<i>Pagellus acarne</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pagellus erythrinus</i>	X	X	X	X	X			
<i>Pomatomus saltatrix</i>						X	X	
<i>Serranus scriba</i>				X	X			
<i>Serranus hepatus</i>			X	X	X	X	X	X
<i>Sparus aurata</i>		X		X	X			
<i>Spicara flexuosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Spicara maena</i>				X	X			X
<i>Spicara smaris</i>	X		X	X	X			X
<i>Spondylisoma cantharus</i>				X				
<i>Symphodus doderleini</i>					X			
<i>Symphodus cinereus</i>				X	X			
<i>Symphodus tinca</i>				X	X			

<i>Trachinus draco</i>				X	X			
<i>Trachurus trachurus</i>		X	X	X	X			
<i>Trisopterus minutus</i>				X	X	X	X	X



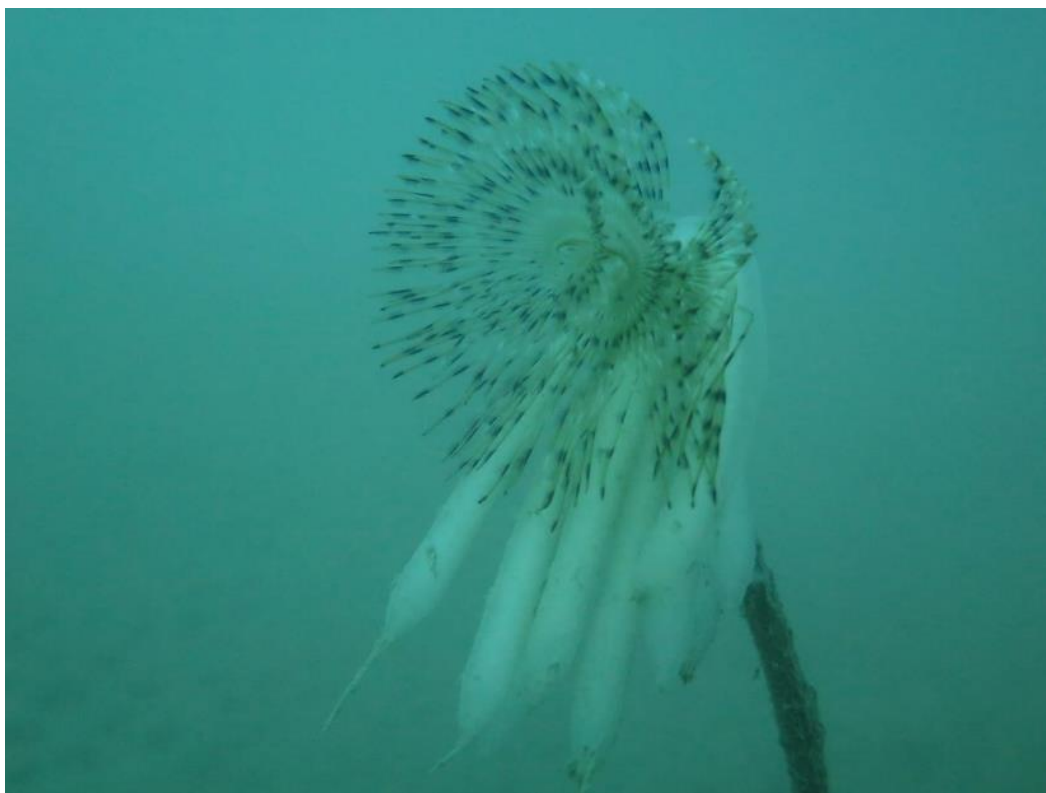
Slika 16: Promjena u brojnosti vrsta riba na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu od 2021. do 2024.

5.6. Bentoski organizmi (2021.-2024.)

Bentoski organizmi na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu pokazali su postupni razvoj tijekom istraživanih godina. Iako se njihov broj nije drastično mijenjao kroz četiri godine, zabilježene su važne promjene u sastavu zajednica obraštajnih i sesilnih organizama.

Tijekom prve godine (2021.), greben je bio prekriven finim slojem mulja koji je otežavao kolonizaciju sesilnih organizama. Međutim, primijećeni su prvi znakovi naseljavanja plaštenjaka i mnogočetinaša na vanjskim plohama grebena. Dominantna vrsta među sesilnim organizmima bila je dagnja (*Mytilus galloprovincialis*), koja je naselila sidreni lanac i konop. Također su zabilježeni trpovi (*Holothuria tubulosa*) koji preferiraju takva muljevita staništa, oni igraju ključnu ulogu u ekosustavu jer pomažu pročišćavati sediment i ciklirati hranjive tvari, čime doprinose održavanju zdravlja morskog dna (Léonet et al., 2019).

U 2022. godini primijećen je povećani broj sesilnih organizama, uključujući spužve i plaštenjake. Na površinama grebena zabilježene su brojne kućice cjevastih mnogočetinaša vrste *Sabella spallanzanii* (Slika 17.), dok su plaštenjaci i dalje bili prisutni u većem broju.



Slika 17: Cjevasti mnogočetinaš *Sabella spallanzanii* s pričvršćenim grozdom jaja lignje (Župan, 2024.)

Tunikati su poznati po svojoj sposobnosti brzog naseljavanja novih struktura poput umjetnih grebena, što značajno doprinosi razvoju bentoskih zajednica i stabilizaciji ekosustava (Lambert, 2005.). Trpovi roda *Holothuria* zadržali su svoju prisutnost na grebenu, no nije zabilježen značajniji napredak u kolonizaciji unutar strukture grebena.

Kolonizacija bentoskih organizama nastavila se i tijekom 2023. godine, ali je zbog loše vidljivosti bilo otežano praćenje preciznog sastava organizama. Primijećene su dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na sidrenom konopu pri dubini od 16 m (Slika 18.) te su naseljene i neki manji školjkaši poput vrste *Mimychlamys varia*. Iako su uvjeti za naseljavanje fotofilnih algi bili ograničeni zbog slabe prodornosti svjetlosti, trpovi (*Holothuria tubulosa*) ostali su dominantni organizmi na grebenu.



Slika 18: Kolonije dagnje *Mytilus galloprovincialis* na konopu od signalne bove (Pejdo, 2024.)

Do 2024. godine, bentoske zajednice su pokazale znakove stabilizacije, ali bez značajnijih promjena u sastavu. Dagnje su i dalje bile dominantne na konopima, dok su se cjevasti mnogočetinaši (*Sabella spallanzanii*) naselili na vanjskim plohama grebena. Unutrašnjost grebena ostala je slabo kolonizirana zbog kontinuiranih izazova s vidljivošću i sedimentacijom

6. RASPRAVA

Tijekom istraživanja umjetnog grebena u Zadarskom kanalu, kroz četiri godine zabilježeno je ukupno 25 vrsta riba. Broj vrsta se mijenjao iz godine u godinu, što jasno pokazuje dinamičnost zajednica. Tako je 2022. bila najbogatija s 21 vrstom, dok su 2021. i 2023. zabilježene po 7 vrsta, a 2024. njih 9. Ova razlika može biti posljedica sezonskih promjena, razlika u okolišnim uvjetima i ribolovnog pritiska. Slično su zabilježili i Ponti et al. (2011.), koji su istraživali umjetne grebene u Sredozemnom moru. Među vrstama koje smo pratili, batoglavac (*Pagellus acarne*) pokazao je nevjerojatnu postojanost, prisutan svake godine unatoč svim promjenama u uvjetima. Ovo je važno za razumijevanje otpornosti pojedinih vrsta i njihovu ulogu u

ekosustavu. S druge strane, ugotica (*Trisopterus minutus*) i fratar (*Diplodus vulgaris*) pokazuju pad brojnosti, što jasno ukazuje na negativan utjecaj ribolova u blizini grebena. Love et al. (2014.) upozoravaju da se ovakve situacije mogu riješiti strožim mjerama upravljanja ribolovnim resursima, što bi moglo biti korisno i u našem području. Bentoski organizmi, poput dagnji (*Mytilus galloprovincialis*), pokazali su postupnu stabilizaciju tijekom istraživanja. Njihova prisutnost ne samo da poboljšava kvalitetu vode, već i stvara povoljne uvjete za naseljavanje drugih organizama. Ovo potvrđuju i Bombace et al. (1997.), koji naglašavaju ključnu ulogu bentoskih zajednica u funkcioniranju umjetnih grebena. Suočili smo se i s određenim izazovima, poput slabije vidljivosti tijekom ljetnih

mjeseci, što je otežalo bilježenje manjih ili manje aktivnih vrsta. Uvođenje modernih tehnologija, poput stereo BRUV sustava, svakako bi unaprijedilo buduća istraživanja i pružilo preciznije podatke. Povezivanje rezultata našeg istraživanja s podacima iz drugih dijelova Jadrana i Sredozemlja moglo bi pružiti dodatne uvide u dugoročni utjecaj umjetnih grebena. Naši rezultati pokazuju da umjetni grebeni nisu samo strukture, već i vrijedna područja za povećanje bioraznolikosti i stvaranje stabilnih staništa. Održivost njihovih koristi ovisi o pravilnom upravljanju i kontinuiranom praćenju, kako bi se osigurala zaštita osjetljivih vrsta i održivost morskih resursa.

7. ZAKLJUČAK

Umjetni greben u Zadarskom kanalu pridonosi povećanju bioraznolikosti u neposrednoj blizini.

Tijekom četiri godine istraživanja zabilježen je postupni rast broja ribljih vrsta, što potvrđuje sposobnost umjetnih grebena da privuku raznolike organizme.

Pad brojnosti komercijalno važnih vrsta u 2023. godini naglašava potrebu za regulacijom ribolovnih aktivnosti u blizini umjetnih grebena.

Bentoske zajednice pokazale su znakove stabilizacije, unatoč sporijem razvoju zbog izazovnih okolišnih uvjeta.

Primjena novih tehnologija, poput podvodnih kamera, omogućila bi kontinuirano praćenje stanja grebena i ponašanja organizama.

Daljnje istraživanje kumulativnog učinka postavljanja više grebena u blizini moglo bi doprinijeti povećanju bioraznolikosti.

Zaključci ovog istraživanja ukazuju na važnost umjetnih grebena u očuvanju morske bioraznolikosti, ali i na potrebu za boljim upravljanjem ribolovnim pritiscima kako bi se osigurala dugoročna održivost ekosustava.

8. POPIS LITERATURE

1. Ambrose, R. F., & Anderson, T. W. (1990). Influence of an artificial reef on the surrounding infaunal community. *Marine Biology*, 107(1), 41–52. <https://doi.org/10.1007/BF01313237>
2. Atchinson, A. D., Sammarco, P. W., & Brazeau, D. A. (2008). Genetic connectivity in corals on the lower garden banks and surrounding oil/gas platforms, Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 365(1-2), 1-12.

3. Beaumont, N. J., Austen, M. C., Mangi, S. C., & Townsend, M. (2007). Economic valuation for the conservation of marine biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, 56(3), 386-396.
4. Bombace, G., Fabi, G., & Fiorentini, L. (1997). Benthic communities on concrete and coal-ash blocks submerged in an artificial reef in the central Adriatic Sea. *Bulletin of Marine Science*, 55(2), 559-580.
5. Bombace, G., Fabi, G., & Fiorentini, L. (2000). Artificial Reefs in the Adriatic Sea. In *Artificial Reefs in European Seas* (pp. 31-63).
6. Cappo, M., Speare, P., & De'ath, G. (2007). Inter-reef vertebrate communities of the Great Barrier Reef Marine Park determined by baited remote underwater video stations. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 209-221.
7. Cater, C., & Cater, E. (2007). *Marine ecotourism*. Oxford: CABI.
8. Cooper, T. F., De'ath, G., Fabricius, K. E., & Lough, J. M. (2008). Declining coral calcification in massive *Porites* in two nearshore regions of the northern Great Barrier Reef. *Global Change Biology*, 14(3), 529-538.
9. Crec'hriou, R., Harmelin-Vivien, M., Chevalier, C., & Le Direach, L. (2013). Video transects as a complement to underwater visual census to study reserve effect on fish assemblages. *Aquatic Biology*, 18, 229–241. <https://doi.org/10.3354/ab00507>
10. D'itri, F. M., & D'itri, F. M. (2018). In *Artificial reefs: marine and freshwater applications* (pp. 3–13). essay, CRC Press
11. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ). Podaci o temperaturi za Zadar. Dostupno na: <http://www.dhmz.hr> (pristupljeno: 8. siječnja 2025.)
12. Fabi, G., Fiorentini, L., & Ponti, M. (1997). Effects of an artificial reef on the surrounding soft-bottom community in the central Adriatic Sea. *Bulletin of Marine Science*.
13. Fabi, G., Spagnolo, A., Bellan-Santini, D., Charbonnel, E., Čižić, M., Claudet, J., Diviacco, G., García, J. J., Jensen, A. C., Kallianiotis, A., & others. (2011). Overview on artificial reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59(Special Issue), 155–166.
14. Fetterplace, L. C., & Rees, M. (2018). Baited Remote Underwater Video Station (BRUVS) Figures and Images. Figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5708515.v1>
15. Gianni, F., Bartolini, F., Airoidi, L., Ballesteros, E., & Francour, P. (2013). Conservation and restoration of marine forests in the Mediterranean Sea and the potential role of *Cystoseira* spp. *Marine Ecology Progress Series*, 482, 237-247.
16. Harmelin-Vivien, M.L., et al. (1985). A review of marine habitat monitoring. International Council for the Exploration of the Sea (ICES), Copenhagen.

17. Harvey, E. S., Cappo, M., Butler, J. J., Hall, N., & Kendrick, G. A. (2007). Bait attraction affects the performance of remote underwater video stations in assessment of demersal fish community structure. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 245-254.
18. Hewitt, R. J., Macleod, C. J., & Campbell, H. (2018). A framework to assess the sustainability of farming systems integrating social, environmental, and economic sustainability into farm management. *Agricultural Systems*, 168, 1-10.
19. Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50(8), 839–866.
20. Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., ... & Roughgarden, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, 301(5635), 929-933.
21. Jagerroos, S., & Krause, P. R. (2016). Rigs-To-Reef; Impact or Enhancement on Marine Biodiversity. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 6(2), 187.
22. Jardas, I. (1996). *Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga, Zagreb: 533 str.*
23. Kleypas, J. A., J. W. McManus, L. A. B. Menez (1999). Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *Am. Zool.* 39, 146.
24. Lambert, G. (2005). Ecology and natural history of the tunicates. *Canadian Journal of Zoology*, 83(1), 34-50.
25. Langlois, T. J., Harvey, E. S., Fitzpatrick, B. M., Meeuwig, J. J., & Shedrawi, G. (2010). Cost-efficient sampling of fish assemblages: comparison of baited video stations and diver video transects. *Aquatic Biology*, 9(2), 155-168.
26. Léonet, C., Eeckhaut, I., Lins, L., & Compère, P. (2019). Identification of the maturation inducing fraction in the rough extract of echinoid spawn that triggers oocyte maturation in the aspidochirotid *Holothuria scabra*. *Aquaculture*, 501, 213-221.
27. Lima, J. S., Zalmon, I. R., & Love, M. (2019). Overview and trends of ecological and socioeconomic research on artificial reefs. *Marine Environmental Research*, 145, 81–96.
28. Love, M. S., Claisse, J. T., & Roeper, A. (2014). *An Analysis of the Fish Populations Associated with Oil and Gas Platforms off California: Final Report.* U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management.
29. Minelli, A., et al. (2021). The ADRIREEF database: a comprehensive collection of natural/artificial reefs and wrecks in the Adriatic Sea. *Earth System Science Data*, 13, 1905–1923. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1905-2021>.
30. OxyGuard International A/S. (2013). *Salinity Probe Brochure.* Preuzeto s <https://www.oxyguard.dk/media/mdlmxxg1/i01-salinity-probe-brochure-gb-201311.pdf>

31. Polovina, J. J. (1991). Fisheries Applications and Biological Impacts of Artificial Habitats. *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*, 153–176.
32. Ponti, M., Fava, F., & Curiel, D. (2011). Spatial patterns and drivers of benthic community structure on artificial reefs in the northern Adriatic Sea. *Biodiversity and Conservation* (SpringerLink).
33. Relini, G., Relini, M., & Torchia, G. (2008). Artificial reefs in Italy: past experience, present situation and future proposals. *Hydrobiologia*, 580, 499–515.
34. Samoilys, M.A. (1997). Underwater visual census surveys. In: *Fishery Stock Assessment: Traditional Approaches and Innovations*. CRC Press, Boca Raton, 39-56.
35. Santana-Garcon, J., Braccini, M., Langlois, T. J., Newman, S. J., McAuley, R. B., & Harvey, E. S. (2014). Calibration of pelagic stereo-BRUVs and scientific longline surveys for sampling sharks. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(8), 824-833.
36. Seaman, W. (2000). *Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats*. CRC Press.
37. Thresher, R.E., & Gunn, J.S. (1986). Comparative analysis of visual census techniques. *Coral Reefs*, 5(3), 109-120.
38. Watson, D. L., Harvey, E. S., Anderson, M. J., & Kendrick, G. A. (2005). A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. *Marine Biology*, 148(2), 415-425.