

Rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz roda *Spongia* u akvatoriju otoka Silbe

Sutlović, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:162:858096>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-18**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima (jednopedmetni)

Marta Sutlović

**Rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz
roda *Spongia* u akvatoriju otoka Silbe**

Diplomski rad

Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima (jednopedmetni)

Rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz roda *Spongia* u akvatoriju otoka Silbe

Diplomski rad

Student/ica:

Marta Sutlović

Mentor/ica:

dr.sc. Ivana Zubak Čižmek

Zadar, 2022.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Marta Sutlović**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom *Rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz roda *Spongia* u akvatoriju otoka *Silbe** rezultat mojega 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 mojega 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 mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 23. veljače 2022.

Sadržaj:

1. UVOD.....	1
1.1. GRAĐA SPUŽAVA.....	2
1.2. KLASIFIKACIJA	4
1.3. RAZMNOŽAVANJE	7
1.4. RASPROSTRANJENOST I ULOGA	7
1.5. ROD <i>SPONGIA</i>	9
1.5.1. <i>SPONGIA OFFICINALIS</i> LINNAEUS, 1759.....	9
1.6. PRIJETNJE.....	11
2. PREGLED LITERATURE.....	13
2.1. STANJE SPUŽAVA RODA <i>SPONGIA</i> U REPUBLICI HRVATSKOJ	14
2.2. UZGOJ.....	15
3. CILJEVI I SVRHA RADA.....	17
4. MATERIJALI I METODE.....	18
4.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	18
4.2. DIZAJN ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENE METODE.....	19
4.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	20
5. REZULTATI.....	22
5.1. OVISNOST BROJNOSTI O LOKACIJI	26
5.2. OVISNOST BROJNOSTI O STANIŠTU	27
6. RASPRAVA	28
6.1. RAZLIKE U RASPROSTRANJENOSTI VRSTE <i>S. OFFICINALIS</i> U AKVATORIJU OTOKA SILBE.....	28
6.2. POTENCIJAL UZGOJA	30
7. ZAKLJUČAK	32
8. LITERATURA.....	33

Rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz roda *Spongia* u akvatoriju otoka Silbe

Sažetak: Morske spužve su važna komponenta bentičke faune te u ekosustavu obavljaju niz funkcionalnih uloga koje doprinose zdravlju ekosustava i smanjuju utjecaj sve prisutnijih promjena u okolišu na morske zajednice. Spužve iz roda *Spongia* rasprostranjene su na čvrstim sublitoralnim podlogama u cijelom Sredozemnom moru (osobito u njegovom istočnom dijelu) i duž istočne obale Atlantika. Socioekonomska važnost ovog roda poznata je od davnina, a iskorištavaju se i danas te se interes za iskorištavanjem povećava. Iskorištavanje spužava u komercijalne svrhe smatra se njihovom najvećom ugrozom, gdje prekomjerni izlov i korištenje neadekvatnih ribolovnih alata dovode do znatne degradacije populacija. Spužve su osjetljivi organizmi koji pod snažnim antropogenim utjecajem doživljavaju pojave masovnog mortaliteta i bolesti. Neadekvatno odlaganje otpada i otpadnih voda, odbačeni ribolovni alati te sve jači utjecaj klimatskih promjena (porast temperature mora, promjene pH i promjene u morskim strujama), dovode do promjena u bogatstvu vrsta, brojnosti i rasprostranjenosti spužava. U Jadranskom moru je zabilježeno šest vrsta iz roda *Spongia*. U ovom diplomskom radu istražena je rasprostranjenost i potencijal uzgoja spužava iz roda *Spongia* u akvatoriju otoka Silbe (Zadarska županija). Utvrđena je široka rasprostranjenost spužava iz roda *Spongia* - zabilježene su 223 jedinke vrste *S. officinalis* te je primijećeno kako njihova prisutnost na određenoj lokaciji ovisi o tipu staništa; najveći broj jedinki (n=135) pronađen je na kamenu s prisutnim makro algama, a najmanji (n=4) na kamenu s algama uz prisustvo morske cvjetnice posidonije. Prikupljeni podaci ukazuju da se akvatorij otoka Silbe može smatrati povoljnom lokacijom za uspostavljanje uzgoja spužvi iz roda *Spongia*. Budući da su istraživanja o komercijalno važnim vrstama spužava i ugrozama za iste u Jadranskom moru nedostatna, ne provodi se monitoring i nije poznato stanje očuvanosti vrsta iz roda *Spongia*, potrebno je započeti istraživanja kako bi se razjasnilo postojeće stanje i utvrdili problemi koji dovode do degradacije prirodnih populacija spužava. Potencijalni uzgoj spužava iz roda *Spongia* smanjio bi pritisak na prirodne populacije te pridonio njihovom obnavljanju.

Ključne riječi: Spužve, *Spongia*, rasprostranjenost, SCUBA, Silba, uzgoj

Distribution and farming potential of sponges from the genus *Spongia* around Silba Island

Summary: Marine sponges are an essential component of the benthic fauna. They play numerous functional roles in the ecosystem, thus contributing to ecosystem health and reducing the impact of increasing environmental changes on marine communities. Sponges of the genus *Spongia* are distributed on hard sublittoral substrates throughout the Mediterranean (especially in its eastern part) and along the east coast of the Atlantic. The socio-economic importance of this species has been known since ancient times, and they are still being exploited today with increasing interest for exploitation. The exploitation of sponges for commercial purposes is considered the greatest threat to these organisms, where overfishing and the use of inadequate fishing gear lead to significant degradation of their populations. Sponges are sensitive organisms that experience mass mortality and disease phenomena under a strong anthropogenic influence. Inadequate waste and wastewater disposal, discarded fishing tools, and the growing impact of climate change (rising sea temperatures, pH changes, and changes in marine currents) lead to changes in the species richness, abundance, and distribution of sponges. Six species of the genus *Spongia* have been recorded in the Adriatic Sea. This dissertation investigates sponges' distribution and farming potential from the genus *Spongia* around Silba Island (Zadar County). We found that they are widely distributed – 223 individuals of *S. officinalis* were recorded. Their distribution varies according to habitat type; the largest number of individuals (n = 135) was found on the rocky habitat with macroalgae, and the smallest (n = 4) on the rocks with algae and the presence of seagrass *Posidonia oceanica*. The data indicate that the Silba area could be considered a favorable location for farming sponges of the genus *Spongia*. Since research on commercially important sponges in the Adriatic Sea (and their threats) is insufficient, no monitoring is implemented, and the conservation status of *Spongia* species is unknown, research is needed to clarify the current state and identify problems leading to the degradation of natural populations of sponges. Potential aquaculture of sponges from the genus *Spongia* would reduce the pressure on natural populations and contribute to their regeneration.

Keywords: Farming, Sponges, *Spongia*, Distribution, SCUBA, Silba

ZAHVALE

Neizmjerne hvala mojoj mentorici dr.sc. Ivana Zubak Čižmek na svim pruženim savjetima, neizmjerne podršci, trudu i pozitivnoj energiji. Najviše hvala na iskrenom i prijateljskom odnosu koji je ovo iskustvo učinio puno lakšim i zabavnijim.

Hvala svim dobrim dušama iz udruge Društvo istraživača mora – 20000 milja koji su pomogli u terenskom istraživanju, a posebno Hrvoju Čižmeku, neposrednom voditelju terenskog istraživanja na pruženoj podršci i znanju.

Ogromno hvala mojoj prijateljici, kolegici i vječnoj inspiraciji Mariji Oštarić na svemu što ona je i na svemu što mi znači.

Hvala mojim roditeljima i cijeloj mojoj obitelji na ljubavi , vjeri, nadi i još puno toga što se riječima ne može opisati. Volim vas.

1. UVOD

Spužve (koljeno Porifera) se smatraju jednom od najstarijih skupina višestaničnih organizama koje do danas obitavaju na Zemlji. U početku su smatrane biljkama zbog svoje anatomije i fiziologije, no od 1765. godine se svrstavaju u carstvo životinja. Sesilni su organizmi koji se hrane filtracijom. Razlikuju se od ostalih beskralježnjaka po tome što nemaju prava tkiva, organe ni organske sustave, već su građene od međusobno povezanih stanica s visokim stupnjem autonomije. Stanice se razlikuju prema izgledu i funkcijama koje obavljaju u organizmu, a njihovim međudjelovanjem stvara se cjelina potrebna za obavljanje svih životnih funkcija (Habdija i sur., 2011.).

Spužve su važna komponenta bentičke faune u umjerenim, tropskim i polarnim staništima te obavljaju mnoštvo funkcionalnih uloga u ekosustava, no još uvijek nisu dovoljno zastupljene u znanstvenim istraživanjima i programima zaštite (Bell, 2008.). Spužve se, kao i većina morskih organizama, nalaze pod snažnim antropogenim utjecajem, koji se posebice očituje kroz ribolovne aktivnosti, zagađenje i klimatske promjene. Kumulativni učinak prijetnji može dovesti do pojave masivnog mortaliteta kod ovih osjetljivih organizama što predstavlja prijetnju za održavanje normalnog funkcioniranja morskih ekosustava (Pomponi i sur., 2019.).

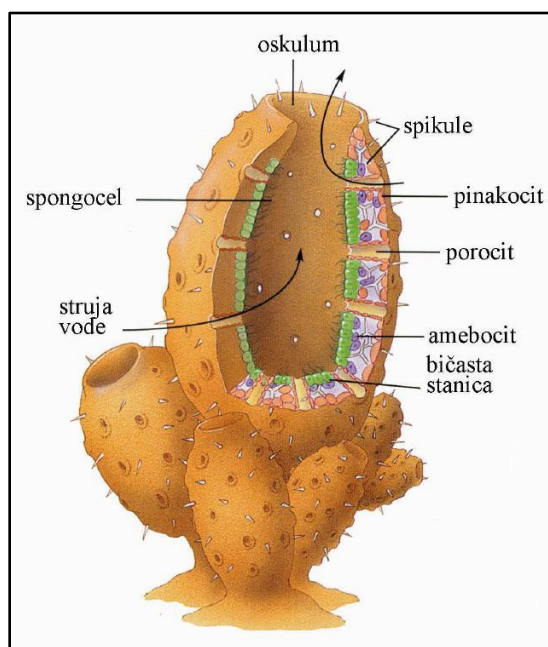
Do sada je u Jadranskom moru zabilježeno 280 vrsta spužava, na istočnoj obali njih 125, od čega se većina (77) može pronaći u morskim špiljama (Bakaran-Petricioli i sur., 2012). Od 125 vrsta pronađenih u hrvatskom dijelu Jadrana, 6 pripada rodu *Spongia*, a u ulovu hrvatskih spužvara zabilježene su dvije vrste komercijalno važnih spužava: *Spongia officinalis* i u manjoj količini *Spongia lamella* (Petrov Rančić, 2010.). Sakupljanje vrsta iz rod *Spongia* ima dugogodišnju tradiciju na Jadranu, posebno na otoku Krapnju gdje se spužvarstvo počelo razvijati još u 17. stoljeću. Danas se u Hrvatskoj spužvarstvom bavi oko 20 ekipa od čega najviše na otoku Krapnju, zatim Braču i Hvaru te nekoliko u Istri (Čižmek i sur., 2019.).

U ovom diplomskom radu istražena je rasprostranjenost spužava iz roda *Spongia* s naglaskom na vrstu *S. officinalis* u akvatoriju otoka Silbe te na temelju dostupnih literaturnih izvora istražuje mogući potencijal uzgoja, kako bi se utvrdilo postojeće stanje vrste i osigurala održivost iskorištavanja s obzirom na rastući intenzitet prijetnji, degradaciju staništa i vrsta te komercijalnu važnost ove vrste u Jadranu.

1.1. GRAĐA SPUŽAVA

Spužve se hrane filtracijom živih i neživih organskih čestica iz vodenog stupca. Tu mogućnost im pruža akviferni sustav. Akviferni sustav se sastoji od šupljina i kanalića, na površini i unutar tijela spužve, kroz koje struji voda (Habdija i sur., 2011.). Organske čestice s vodom ulaze u tijelo spužve kroz otvore (ostije) na površini tijela i dolaze do unutarnjeg sloja u kojem bičaste stanice neprestanim treperenjem filtriraju sadržaj. Filtrirana voda izlazi iz tijela kroz jedan veći otvor (oskulum). Kako bi se mogle održati na životu i u promjenjivim uvjetima okoliša, spužve mogu regulirati količinu vode koju filtriraju (Leys i Hill, 2012.).

Spužve su građene od samostalnih i specijaliziranih stanica raspoređenih u 3 sloja (Slika 1). Vanjski sloj (pinakoderma) se sastoji od dva tipa stanica: pinakocita (epidermalne stanice) i porocita (cjevaste stanice). Prekrivena je ostijama, porama na površini kroz koje voda ulazi u tijelo spužve (Habdija i sur., 2011.).



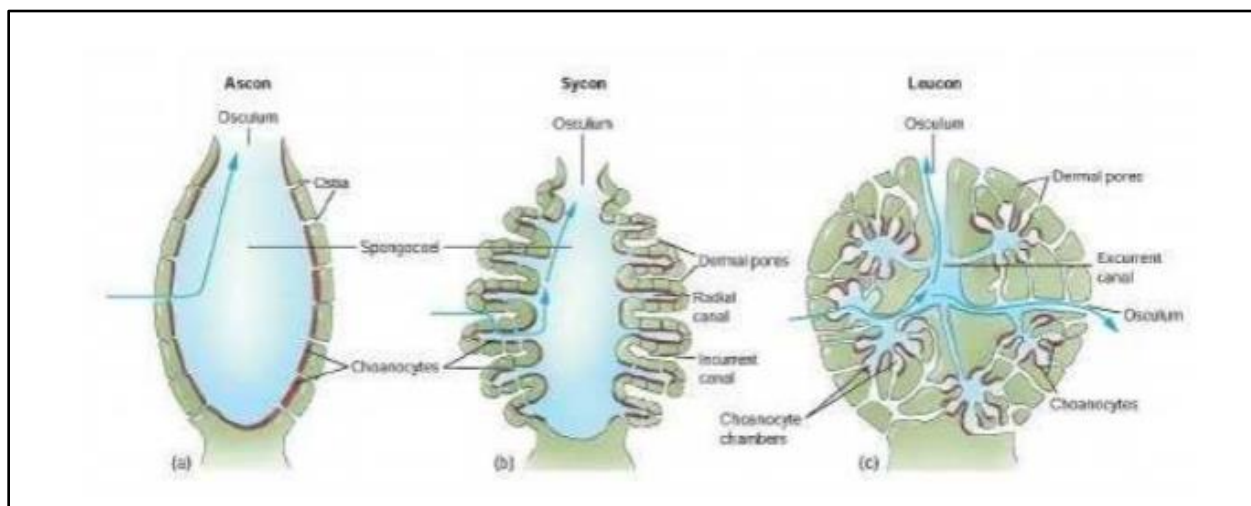
Slika 1. Funkcionalna građa spužava s prikazom protoka vode kroz tijelo (Habdija i sur., 2011.)

Srednji sloj (mezohil) sadrži građevne elemente skeleta (skleroblasti) spužava te nekoliko vrsta ameboidnih stanica (amebocita). Skleroblasti dolaze u obliku spikula i iglica, a mogu biti građeni od silicijevog dioksida, kalcijevog karbonata i/ili spongina, elastičnog proteinskog vlakna. Amebociti se međusobno razlikuju po obliku i funkcijama koje obavljaju u spužvi, poput stezanja

pojedinih dijelova spužava (miociti), određivanje pigmentacije spužve (kromociti), funkcije žlijezda i izlučivanja (dezmociti) ili prijenosa i probave hrane (arheociti). Unutarnji sloj (hoanoderm) čine komore i bičaste stanice (hoanociti), a osnovna funkcija ovog sloja je prikupljanje hranjivih tvari iz vode koja se filtrira. Voda ulazi u tijelo spužve kroz vanjski sloj i kanalima dolazi do unutarnjeg sloja (Habdija i sur., 2011.).

Prema rasporedu akvifernog sustava i unutrašnjoj građi, spužve se mogu podijeliti u tri morfološka oblika (Slika 2) koji se razlikuju prema složenosti i evoluciji.

Askon je najjednostavniji morfološki oblik koji karakterizira akviferi sustav građen od mikroskopskih površinskih pora kroz koje voda ulazi u veliku šupljinu (spongocel ili atrij) obloženu hoanocitima, a izlazi kroz jedan veliki otvor (oskulum). Aksoidne spužve su najčešće radijalno simetrične, jednostavne i veličinom manje (Hickman i sur., 2002.).



Slika 2. Prikaz 3 morfološka oblika spužava prema građi i rasporedu akvifernog sustava. (a) označava askon, (b) označava sikon, (c) označava leukon (Matijašec, 2014.)

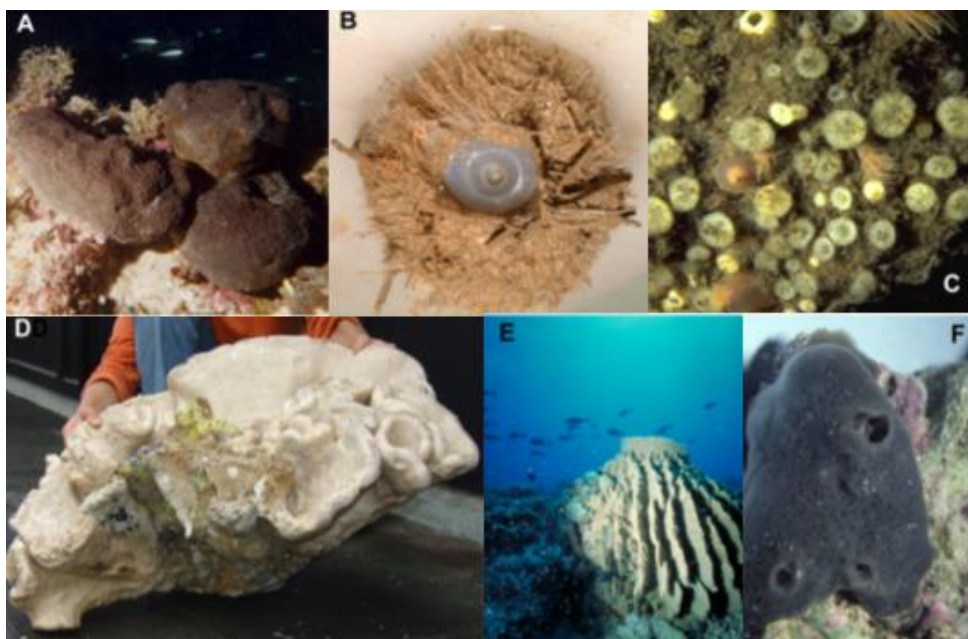
Sikon je morfološki oblik koji je evolucijski proizašao iz askona. Nastao je vodoravnim nabiranjem stijenke tijela kako bi se povećala unutarnja površina i poboljšala filtracija (Matijašec, 2014.). Sikoidne spužve karakterizira cjevasti oblik tijela. Imaju jedan oskulum te deblju i složeniju vanjsku stjenku. Voda ulazi u tijelo kroz pore i ulazne kanale na površini te radijalnim kanalima dolazi do spongocela. Spongocel je obložen stanicama epitelnog tipa, a radijalni kanali su obloženi hoanocitima (Hickman i sur., 2002.).

Leukon je najsloženiji morfološki oblik, nastao vertikalnim nabiranjem stijenke tijela (Matijašec, 2014.). Većinu leukoidnih spužava karakteriziraju velike nakupine s mnoštvom ulaznih i izlaznih kanala. Voda u tijelo ulazi kroz ulazne kanale i ulazi u flagelirane komore grozdastog oblika obložene hoanocitima. Iz njih se voda prelijeva u izlazne kanale koji vode do oskuluma. Spongocel je kod ovog tipa vrlo malen (Hickman i sur., 2002.).

1.2. KLASIFIKACIJA

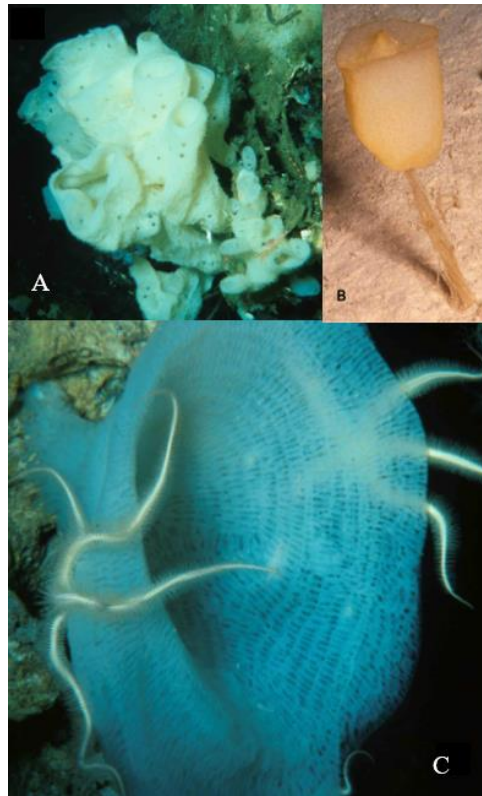
Spužve spadaju u koljeno Porifera koje danas broji 9489 prihvaćenih vrsta (WPD, 2022.). To je najstarije živuće koljeno Metazoa te se dijeli na četiri razreda:

1. Demospongia (kremenorežnjače) je najveći i najraznolikiji razred spužava u koji spadaju spužve čije su spikule građene od silicijevog dioksida povezane sponginskim vlaknima, elastičnim proteinskim vlaknima. Ovaj razred karakterizira velika raznolikost vrsta, veličina i oblika (Slika 3). Većinski žive u moru iako se neke vrste mogu pronaći i u slatkovodnim ekosustavima. Najčešće obitavaju u toplim morima, na različitim dubinama (Van Soest i sur., 2012.). Ovaj razred broji 7861 vrstu (MPD, 2022.).



Slika 3. Prikaz nekoliko vrsta spužava iz razreda Demospongia. (A) *Spongia officinalis*; (B) *Thenea schmidtii*; (C) *Cliona celata*; (D) *Neophrissospongia* sp.; (E) *Xestospongia testudinaria*; (F) *Amphimedon queenslandica* (Van Soest i sur., 2012.).

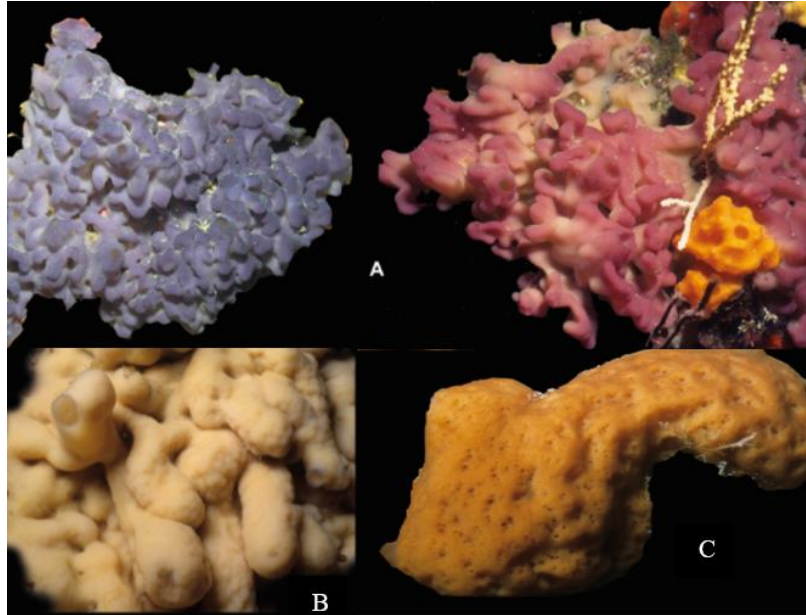
2. Hexactinelida (staklače) su spužve koje obitavaju isključivo u moru. Najčešće nastanjuju meke i tvrde podloge na dubinama od 200 do 6000, a u nekim slučajevima mogu se naći i pliće (npr. podmorske špilje u Sredozemnom moru). Uglavnom su neupadljivih boja i vrlo varijabilnog oblika tijela (Slika 4). Razlikuju se od drugih spužava po tome što su im meka tkiva uglavnom sincicijska tj. sastavljena od višejezgrenih stanica nastalih spajanjem više jednojezgrenih stanica. Spikule neobičnih karakteristika su im građene od silicijevog dioksida. Podijeljene su u dva podrazreda: Amphidiscophora i Hexasterophora. Hexasterophora ima veliku raznolikost oblika spikula i rasporeda skeleta (Van Soest i sur., 2012.). Ovaj razred broji 695 vrsta (WPD, 2022.).



Slika 4. Prikaz nekoliko vrsta spužava iz razreda Hexactinelida. (A) *Atlantisella* sp.; (B) *Hyalonema* sp.; (C) *Lefroyella decora* (Van Soest i sur., 2012.).

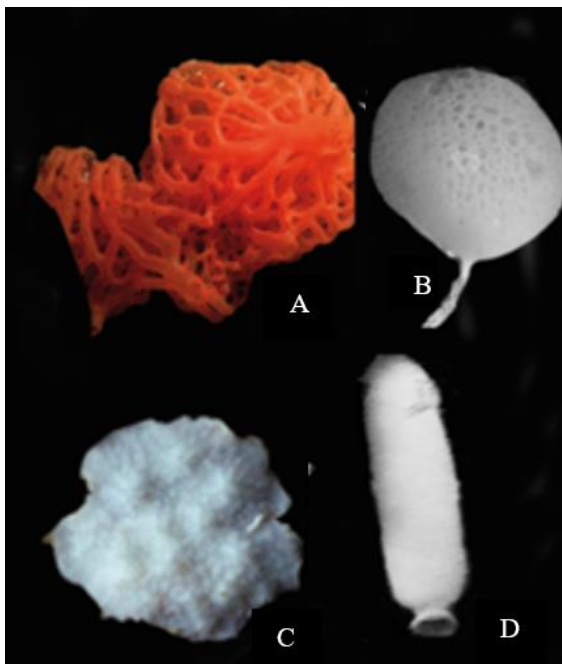
3. Hemoscleromorpha (Slika 5) obuhvaća mali broj spužava jedinstvenih obilježja. Mogu se pojavljivati bez skeleta, a kada je prisutan sastavljen je od vrlo malih spikula (oko 100 μ m ili manje) od silicijevog dioksida. Vrste su većinom inkrustirajuće (prekrivaju ili oblažu

podlogu tvrdom korom). Pojavljuju se u raznim bojama i najčešće su nepravilnog oblika. Većinom obitavaju u plitkim vodama, no neke se vrste mogu pronaći ispod 100 m gdje ih je teško raspoznati zbog inkrustirajuće prirode (Van Soest i sur., 2012.). Ovaj razred je najmanji i broji 130 vrsta (WPD, 2022.).



Slika 5. Prikaz nekoliko vrsta spužava iz razreda Hemoscleromorpha. (A) dvije varijante vrste *Oscarella lobularis*; (B) *Plakina jani*; (C) *Corticium candelabrum* (Van Soest i sur., 2012.).

4. Calcarea (vapnenjače) imaju mineralni skelet sastavljen od kalcijevog karbonata. Pojavljuju se u sva tri morfološka oblika, a spikule im se mogu biti različito povezane i imati različiti broj vrhova (2, 3, 4 ili više). Tijelo im najčešće izgleda kao sustav tubica koje su međusobno srasle ili oblikom podsjećaju na urnu (Slika 6). Najčešće se pojavljuju u bijeloj (krem) boji, ali neke vrste mogu biti i crvene, žute ili ružičaste. Relativno su male (nekoliko cm) iako neke vrste, u povoljnim uvjetima, mogu doseći duljinu od 50 cm i 3 cm u promjeru (Van Soest i sur., 2012.). Ovaj razred broji 802 vrste (WPD, 2022.).



Slika 6. Prikaz nekoliko vrsta spužava iz razreda Calcarea. (A) *Clathrina rubra* ; (B) *Guancha lacunosa* ; (C) *Petrobiona massiliana*; (D) *Sycon ciliatum* duljine oko 10 cm (Van Soest i sur., 2012.).

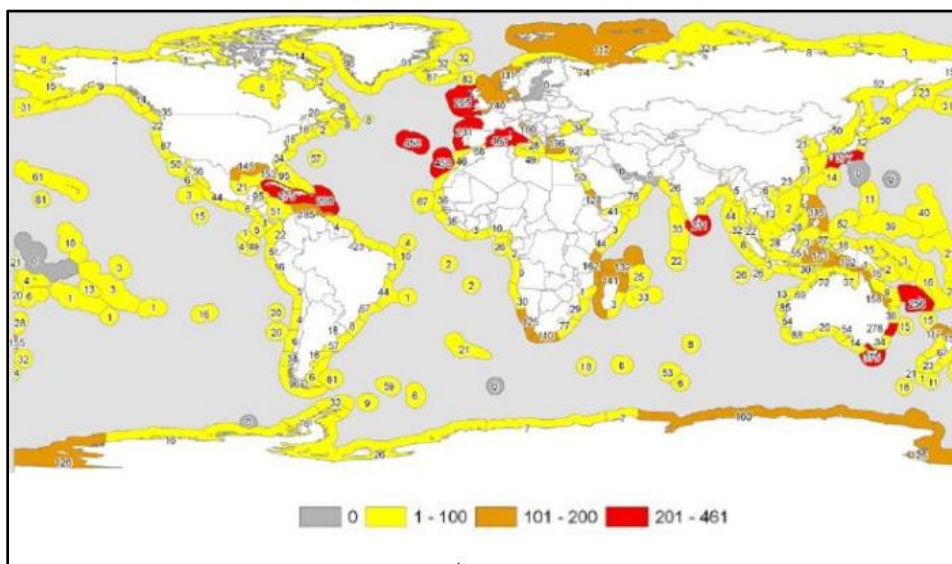
1.3. RAZMNOŽAVANJE

Spužve se mogu razmnožavati spolno i nesporno, mogu biti dvospolci i razdvojenog spola. Nesporno razmnožavanje obuhvaća razmnožavanje fragmentacijom i unutarnjim pupanjem pri čemu se stvaraju gamule, rasplodna tijela izrazito otporna na nepovoljne uvjete u okolišu iz kojih se, pri stabilnim i povoljnim uvjetima, razvijaju nove spužve. Oplodnja može biti unutarnja i rjeđe vanjska. Spolne stanice se razvijaju iz amebocita i hoanocita. Unutrašnjom oplodnjom nastaje bičasta ličinka (parenhimula ili amfiblastula) koja nekoliko dana pliva slobodno u vodi, a nakon što se pričvrsti za supstrat počinje jednostavna embriogeneza i razvija se nova jedinka (Habdija i sur., 2004.).

1.4 RASPROSTRANJENOST I ULOGA

Spužve nastanjuju tropska, umjerena i polarna područja (Slika 7). Rast i razvoj spužava ovisi o nizu faktora koji, kumulativno, čine neko područje povoljnim za nastanjivanje. Spužve uvelike ovise o dostupnosti povoljnog supstrata za nastanjivanje, a najpovoljnija podloga su čvrsta dna. Strujanje vode jedan je od ograničavajućih faktora za rast i razvoj spužava. Spužvama je

potrebno konstantno strujanje vode koje im omogućuje dotok hrane, ali jako strujanje može izazvati stres i potaknuti sedimentaciju, što ima negativan utjecaj na ove organizme. Količina svjetla također utječe na povoljnost nekog područja za nastanjivanje spužava. Većini vrsta ne odgovara intenzivna svjetlost, no postoje i neke fotofilne vrste. Također, antropogeni utjecaj, biocenoza staništa i interakcije u istoj te razina predacije, imaju veliki utjecaj na rast i razvoj spužava (Wulff, 2012.).



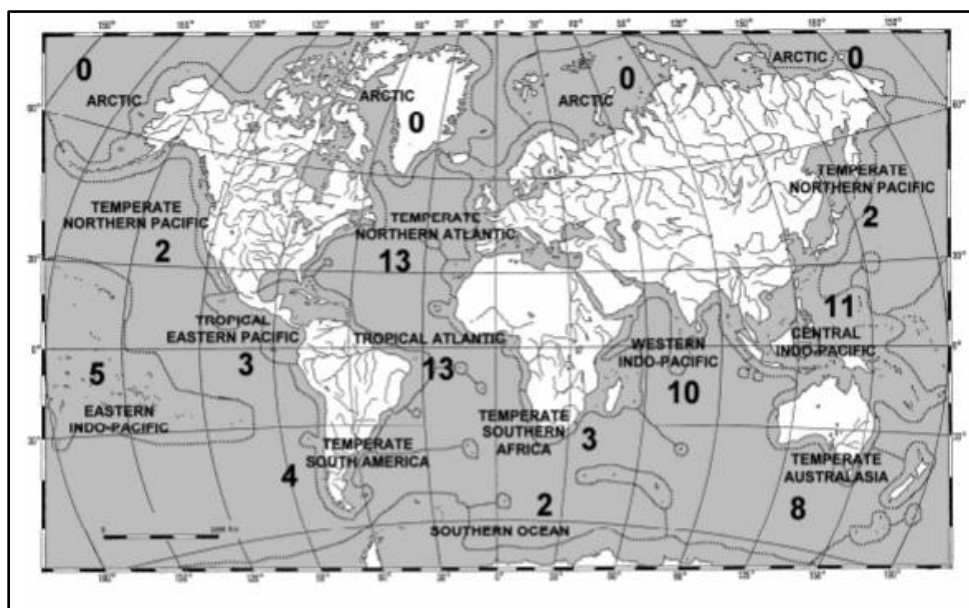
Slika 7. Globalna distribucija morskih spužava. Boja označava broj vrsta u nekom području (Van Soest i sur., 2012.)

Spužve obavljaju mnoštvo funkcija u ekosustavu. Jedna od prvih otkrivenih funkcionalnih uloga spužava je bioerozija, destruktivan proces u kojem se čvrsti karbonat fragmentira i/ili pretvara u fini sediment. Osim toga, spužve su i stabilizatori sedimenta. Ove uloge spužava utječe na strukturni integritet koraljnih grebena te su važne u tropskim područjima, a manje u umjerenim i polarnim područjima (Bell, 2008.). Spužve oblikuju zajednicu koja ih okružuje jer imaju važnu ulogu u protoku energije i nutrijenata. Omogućavaju dostupnost ugljika, dušika i fosfora organizmima na višim trofičkim razinama (Folkers i Rombouts, 2019.). Uloga spužava promatra se i kroz interakcije s drugim organizmima. Spužve mnogim organizmima pružaju stanište, štite ih od predatora i omogućavaju im lakše preživljavanje, sudjeluju u primarnoj proizvodnji te mnogim organizmima služe kao hrana (Bell, 2008.). Spužve su u simbiotskom odnosu s mnoštvom

mikroorganizma koji žive u njima što ih čini važnima za ljude u vidu istraživanja bioaktivnih spojeva i proizvodnju lijekova (Folkers i Rombouts, 2019.).

1.5. ROD *SPONGIA*

Rod *Spongia* (Slika 8) pripada razredu Demospongia (kremenorežnjače). Asimetričnog su tijela sa mnoštvom ostija i manjim brojem oskuluma. Vrste ovog roda karakterizira unutrašnji prostor podijeljen u mnogo razgranatih komorica koje su povezane kanalićima. Najčešće se razmnožavaju spolno (viviparno, oplodnja se odvija unutar tijela spužve), no mogu se razmnožavati i fragmentacijom (Habdija i sur., 2011.).



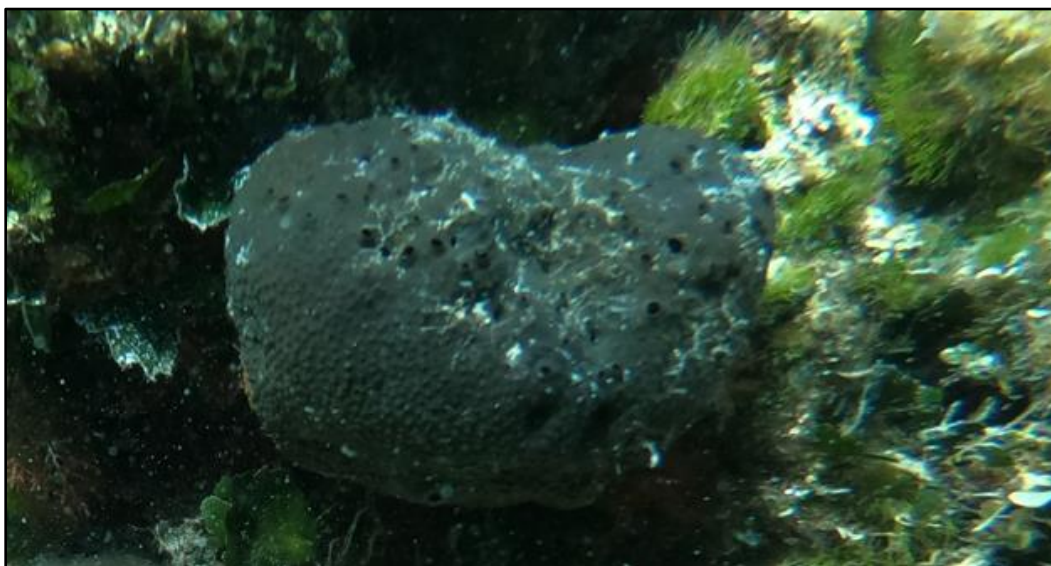
Slika 8. Geografska distribucija i bogatstvo vrsta roda *Spongia* (Van Soest i sur., 2012.)

Do danas je zabilježena 41 vrsta iz roda *Spongia* (Van Soest i sur., 2012.). U hrvatskom dijelu Jadranskog mora zabilježeno je 6 vrsta spužava iz roda *Spongia* od kojih se 4 koriste za komercijalnu upotrebu (*S. officinalis*, *S. lamella*, *S. zimocca*, *S. mollissima*). U ulovu hrvatskih spužvara zabilježene su 2 vrste iz ovog roda, a to su: *S. officinalis* i u manjoj mjeri, *S. lamella* (Čižmek i sur., 2019.).

1.5.1. *SPONGIA OFFICINALIS* LINNAEUS, 1759

Spongia officinalis (Slika 9) se ubraja u leukoidne spužve. Karakterizira ju velika raznolikost fenotipova i morfotipova te varijabilnost oblika i boja. Najčešće se pojavljuju u nepravilnoj režnjastoj formi. Boja žive spužve, u prirodnom staništu i bez oštećenja, varira od crne

do svijetlo sive gdje je baza spužve najčešće svjetlija od ostatka. Unutrašnjost je najčešće jako svijetla, a može biti i boje hrđe. Kostur je građen od primarnih i sekundarnih sponginskih vlakana. Primarna vlakna sadrže strane materijale (npr. pijesak) u vidu uklopina, nepravilna su i uvrnuta, promjera između 50 i 100 μm . Sekundarna vlakna građena su od koncentričnih slojeva kompaktnog spongina (bez uklopina), promjera između 20 i 35 μm . I primarna i sekundarna vlakna izgledaju kao paralelni žljebovi duž glavne osi vlakana (Pronzato i Manconi, 2008.).



Slika 9. Jedinka vrste *Spongia officinalis* (Sutlović, M.)

Spužve vrste *S. officinalis* karakterizira velika sposobnost prilagodbe okolišnim uvjetima. Nastanjuju staništa s velikim rasponom dubina (1-50 m) kao i raznolika staništa (npr. plićake sa zajednicom infralitoralnih algi na kamenitom dnu, pomična dna s prisutnom matičnom stijenom i/ili pločom, koraligene zajednice, naselja cvjetnice *Posidonia oceanica*), a samo na jadranskoj krškoj obali i pukotine na kamenitom staništu. Ova vrsta ima veliki broj podvrsta te je rasprostranjena širom svijeta; u Hrvatskoj se najčešće može naći uz zapadne obale Istre te u akvatoriju sjevernih i srednje-dalmatinskih otoka (Krk, Lošinj, Unije, Silba, Olib, Ist, Molat, Ugljan) (Čižmek i sur., 2019.).

1.6. PRIJETNJE

Spužve stvaraju jedne od najraznolikijih (Slika 10) i specifičnih staništa te nastanjuju sve dijelove oceana, od zone oseke i plime do dubokog mora i područja sa specifičnim okolišnim uvjetima. Agregacije spužava prepoznate su kao ranjiva staništa koja zahtijevaju pažnju istraživača i bolju zakonsku zaštitu, ako ista postoji. No, kako bi se ista zaštitila, potrebno je proširiti postojeće znanje o životu spužava (Maldonado i sur., 2016.).



Slika 10. Prikaz nekkih od staništa i raznolikosti morskih spužava. (A) Gusta populacija vrste *Chondrilla caribensis* – koraljni greben. (B) Populacija kojom dominira vrsta *Stryphnus fortis* – duboko more. (C) Tri vrste staklastih spužava (staklača). (D) Nekoliko vrsta kremenorežnjača na dubini od 160 m. (E) Dubokomorska mesojedna spužva *Abyssocladia lakwoollii* izbliza. (F) Antarktičke bentičke formacije na dubini od 210 m. (G) Gusta i raznolika populacija spužava – šuma mangrova (Pronzato i Manconi, 2008.)

Najveća prijetnja gotovo svim vrstama spužava su mehanička oštećenja i uništavanje staništa, proizašla iz fizičkog djelovanja ili zagađenja/onečišćenja. Mehanička oštećenja najčešće su posljedica aktivnosti pridnenog ribolova, odnosno uzrokovane ribolovnim alatima (npr. pridnena kočica, pridnene mreže stajačice, vrše i druge klopke, dredža). Dugoročno korištenje ovih

ribolovnih alata, posebno koće i dredže, na nekom staništu može dovesti do povećane količine sedimenta i uzrokovati gušenje spužava i drugih organizama. Osim toga, mehanička oštećenja mogu biti uzrokovana drugim industrijskim aktivnostima, poput iskopa i traženja nafte i plina te dubokomorskog rudarenja (Maldonado i sur., 2016.).

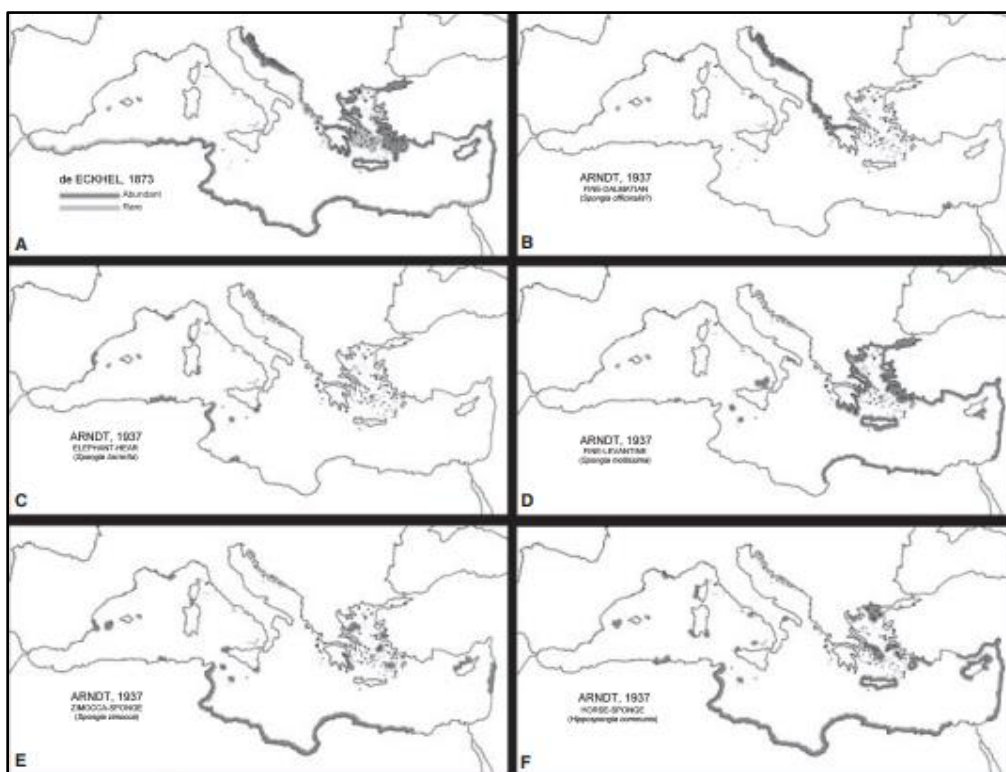
Spužve su pod sve većim pritiskom okolišnih i bioloških stresora, ponajviše uzrokovanih klimatskim promjenama i zagađenjem/onečišćenjem. Pod okolišne i biološke stresore ubraja se povećana izloženost sedimentaciji i suspendiranom sedimentu, promjene (porast) temperature medija, gubitak supstrata, unošenje patogena te ispuštanje otpadnih kemikalija iz industrije i otpadnih voda općenito, izlivanje nafte i slično. Još neki od mogućih prijetnji za spužve obuhvaćaju abraziju, organsko onečišćenje, alohtone vrste i hipoksiju, no utjecaj ovih stresora nije dovoljno istražen (Bell i sur., 2015.).

Sakupljanje i korištenje spužava ima dugu povijesnu tradiciju, od antike do danas. Znatno porast količine prirodnih spužava na tržištu vidljiv je 1980.-1985. godine, a 1990-ih dolazi do pada uzrokovanog pojavom masivnog mortaliteta (Haywood, 1991.). Masivni mortaliteti spužava povećavaju se dramatično u obalnim područjima. Njihov uzrok teško je odrediti zbog nedostatka podataka o populacijama i okolišnim parametrima, no smatra se da su često povezani s porastom temperature oceana (Cebrian i sur., 2011.).

2. PREGLED LITERATURE

O rasprostranjenosti i mogućnostima uzgoja spužava iz roda *Spongia* postoji zadovoljavajući broj do sada objavljenih znanstvenih i stručnih radova, ali nedostaju podaci za područje hrvatskog dijela Jadranskog mora.

U svom radu Pronzato i Manconi (2008.) navode kako u Sredozemnom moru obitava 6 vrsta iz roda *Spongia* te prikazuju grafički rasprostranjenost u Sredozemnom moru (Slika 11). Navode kako je *S. officinalis* široko rasprostranjena vrsta koja može nastanjivati dubine od 1-2 m pa sve do 40 m. U Sredozemnom moru je rasprostranjena uz obalu Hrvatske, Grčke, Turske, Cipra i Sirije, Egipta, Libije i Tunisa. Navode kako su uočene neke populacije spužava iz roda *Spongia* uz sjevernu obalu zapadnog Sredozemnog mora (Španjolska, Francuska, Italija), no smatra se kako se ne mogu komercijalno iskorištavati. Autori opisuju i ugroze koje spužvama prijete te prošlost i sadašnjost komercijalnog iskorištavanja spužava. Općeniti zaključak je kako je potrebno provoditi više istraživanja o rasprostranjenosti spužava iz roda *Spongia*.



Slika 11. Rasprostranjenost spužava iz roda *Spongia* (A), *Spongia officinalis* (B), *Spongia lamella* (C), *Spongia mollissima* (D), *Spongia zimocca* (E), *Hippospongia communis* (F) (Pronzato i Manconi, 2008.)

U svom radu Dailianis i sur. (2011.) navode kako je vrsta *S. officinalis* najčešće rasprostranjena na sublitoralnim supstratima u Sredozemnom moru i uz istočnu obalu Atlantskog oceana. Navode kako istočno Sredozemno more pokazuje veliku raznolikost vrsta spužava iz roda *Spongia* te se smatra pogodnijim za naseljavanje ovih spužava. Također, navode kako je malo poznato o mehanizmima rasprostranjivanja *S. officinalis* te kako se brojnost ove vrste uvelike smanjila u odnosu na prošlost. Zaključuju kako su potrebna dodatna istraživanja o rasprostranjenosti i biologiji vrsta iz roda *Spongia* kako bi se mogla odrediti bolja klasifikacija i utvrditi pravo stanje prirodnih populacija.

U izvještaju o analizi mogućnosti iskorištavanja spužava iz roda *Spongia*, Čižmek i sur. (2019.) navode kako su iste široko rasprostranjene u Jadranu, duž cijele obale, a najčešće se mogu pronaći uz zapadnu obalu Istre te u akvatoriju sjevernih i srednje – dalmatinskih otoka. Također, navode kako su potrebna dodatna istraživanja kako bi se utvrdilo stvarno stanje vrsta u Jadranskom moru.

Većina istraživanja o spužvama iz roda *Spongia* provodi se u Grčkoj. U istraživanju o sezonskim i međugodišnjim varijabilnostima u primarnoj produkciji kretskog mora, Psarra i sur. (2000.) su otkrili kako brojnost vrste *S. officinalis* ovisi o dostupnosti hranjivih tvari. Odnosno, brojnost ovisi o omjeru dijatomeja i dinoflagelata te brojnosti bentičkih dijatomeja. Isto se pokazalo i u istraživanju Gotsis-Skretas i sur. (1999.) koje je pokazalo kako je rasprostranjenost vrste *S. officinalis* usko povezana s dubinskim maksimumom klorofila i povećanjem udjela dijatomeja u najdubljim slojevima eufotičke zone tijekom stratifikacijskog perioda.

2.1. STANJE SPUŽAVA RODA SPONGIA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Pravo stanje očuvanosti vrsta iz roda *Spongia* u hrvatskom dijelu Jadranskog mora nije poznato zbog nedostatka istraživanja, no iz postojećih podataka može se zaključiti kako je prisutna degradacija prirodnih populacija spužava s dugom tradicijom te kako stanje nije zadovoljavajuće. Kao najveće prijetnje za populacije spužava u Jadranu smatra se visoki ribolovni napor i bolesti (Čižmek i sur., 2019).

Zbog duge tradicije sakupljanja, za većinu područja u hrvatskom dijelu Jadrana, mogu se pronaći podaci o prisutnosti populacija spužava, no češće su prisutne samo manje jedinice (<10 cm) s rijetkim prisustvom većih jedinki (>20cm). Neka područja na kojima su prethodno postojale

bogate populacije spužava sada su u jako lošem stanju (Vrsar, Rovinj, Medulin, Rivanj, Sestrunj, sjever Dugog otoka, Šibenski arhipelag, Brač, Hvar, Korčula), a uzroci nisu utvrđeni (Čižmek i sur., 2019).

Rast i obnova populacija spužava nakon devastacije nije istraživana u Jadranskom moru. Istraživanja u Grčkoj pokazuju kako, u povoljnim uvjetima, spužve mogu rasti brzo te čak udvostručiti svoju veličinu u nekoliko mjeseci (Castritsi-Catharios i sur., 2017.). Spužve pokazuju razlike u stopi obnove pa se neke populacije u određenom području u potpunosti obnove nakon 8 godina, dok u nekim područjima može trajati i preko 10 godina. Razlozi različitih stopa obnove nisu poznati (Rizzello i sur., 1997.).

2.2. UZGOJ

Mogućnosti i tehnologija uzgoja spužava razmatraju se od 19. stoljeća. Moore (1910.) navodi jednu od prvih metoda uzgoja spužava, a osvrnuo se na rezultate koji su postignuti u Hrvatskoj. Grgur Bučić s otoka Hvara istraživao je potencijal uzgoja tako što je sakupljene spužve fragmentirao te pričvrstio na drvene sanduke koje je potopio u more. Rezultati su bili takvi da su spužve, u 3 godine uzgoja, narasle do 30 cm sa stopom mortaliteta od 10%.

Tehnologija uzgoja spužava već je poznata dugi niz godina i ne zahtjeva velika ulaganja. Tehnologiju uzgoja dobro je opisana u radu Cerriero i sur. (2004.) u kojem su koristili vrstu *S. officinalis* kao odabranu vrstu za uzgoj. Uzorke su prikupljali 3 godine sa dubine od 30 m. Uzorke su prikupljali ronionci (SCUBA), neinvazivnom metodom odstranjivanja samo gornjeg dijela jedinki kako bi se veći fragment sačuvao u prirodnom staništu zbog mogućnosti obnove. Prikupljene uzorke su prerezali i podijelili u 3 skupine, ovisno o masi uzorka. Takvi fragmenti prošiveni su najlonskim konopcem (s razmakom od 20 cm između svakog fragmenta) te postavljeni na plastični okvir: vertikalno, na dubinu od 20 do 25 m te horizontalno, 50 cm od morskog dna (~30 m).

Metodologija stvaranja matičnog stoka i tehnologije uzgoja dobro je opisana i u radu Pećarević i Bratoš Cetinić (2005.). Navode kako se matični stok stvara iz prirodnih populacija, odstranjujući 2/3 žive spužve oštrom nožem. Odrezane uzorke prenosi se u morskoj vodi do uzgajališta gdje se nekoliko tjedana drže u fazi prilagodbe na uvjete na lokaciji uzgajališta (temperatura, struje, salinitet i sl.). Zatim se fragmenti obujma od (približno) 8 cm³ postavljaju u

more, na konopce ili mreže. Također, navode kako je potrebno obratiti pažnju na materijal koji se koristi za pričvršćivanje.

Uzgoj spužava je interesantan iz razloga održivosti iskorištavanja prirodnih resursa i obnove prirodnih populacija, ali i zadovoljavanja potreba na tržištu te provođenja medicinskih istraživanja. Ne zahtjeva velika ulaganja i infrastrukturu te se može provoditi i na udaljenim područjima, ne dolazi u sukob s zakonima o zaštiti okoliša i ne zahtjeva utrošak resursa u vidu hrane ili energije. Ovakav uzgoj pozitivan je za obnovu i razvoj prirodnih populacija, jer se divlje jedinke koriste samo za stvaranje matičnog stoka. Problem predstavljaju bolesti koje se lakše javljaju kod gušćih populacija (Pećarević i Bratoš Cetinić, 2005.).

3. CILJEVI I SVRHA RADA

S obzirom na to da u Hrvatskoj ne postoje sistematična istraživanja o rasprostranjenosti i stanju populacija vrsta spužava iz roda *Spongia*, cilj ovog rada bio je odrediti rasprostranjenost vrste *Spongia officinalis* u akvatoriju otoka Silbe te na temelju pregleda postojeće literature razmotriti potencijal uzgoja.

Budući da spužve imaju niz uloga koje obavljaju u morskom ekosustavu i pridonose normalnom funkcioniranju istog, potrebno je provoditi istraživanja kako bi se utvrdilo i poboljšalo znanje o ovim organizmima. Svrha ovog rada je pridonijeti boljem poznavanju postojećeg stanja populacije spužve vrste *S. officinalis* u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje rasprostranjenosti *Spongia officinalis* provedeno je u akvatoriju otoka Silbe (Slika 12) u kolovozu i rujnu 2021. godine.

Otok Silba administrativno pripada gradu Zadru, a ubraja se u sjeverno-dalmatinske otoke. Nalazi se jugoistočno od otoka Lošinja, zapadno od otoka Oliba i istočno od otoka Premuda. Silba je nizak otok, najviša točka mu je 83 m, a duljina obale iznosi 26.2 km. Najčešći vjetrovi koji pušu u ovom području su bura, jugo i maestral. Građen je od krednih vapnenaca i eocenskih lapora. Otok je poznat po bogatoj pomorskoj tradiciji i arheološkim nalazištima u podmorju i na kopnu. Osim toga, Silba je poznata po prirodnim ljepotama, bogatoj šumi hrasta crnike i bora te očuvanom podmorju (Enciklopedija, 2021.).

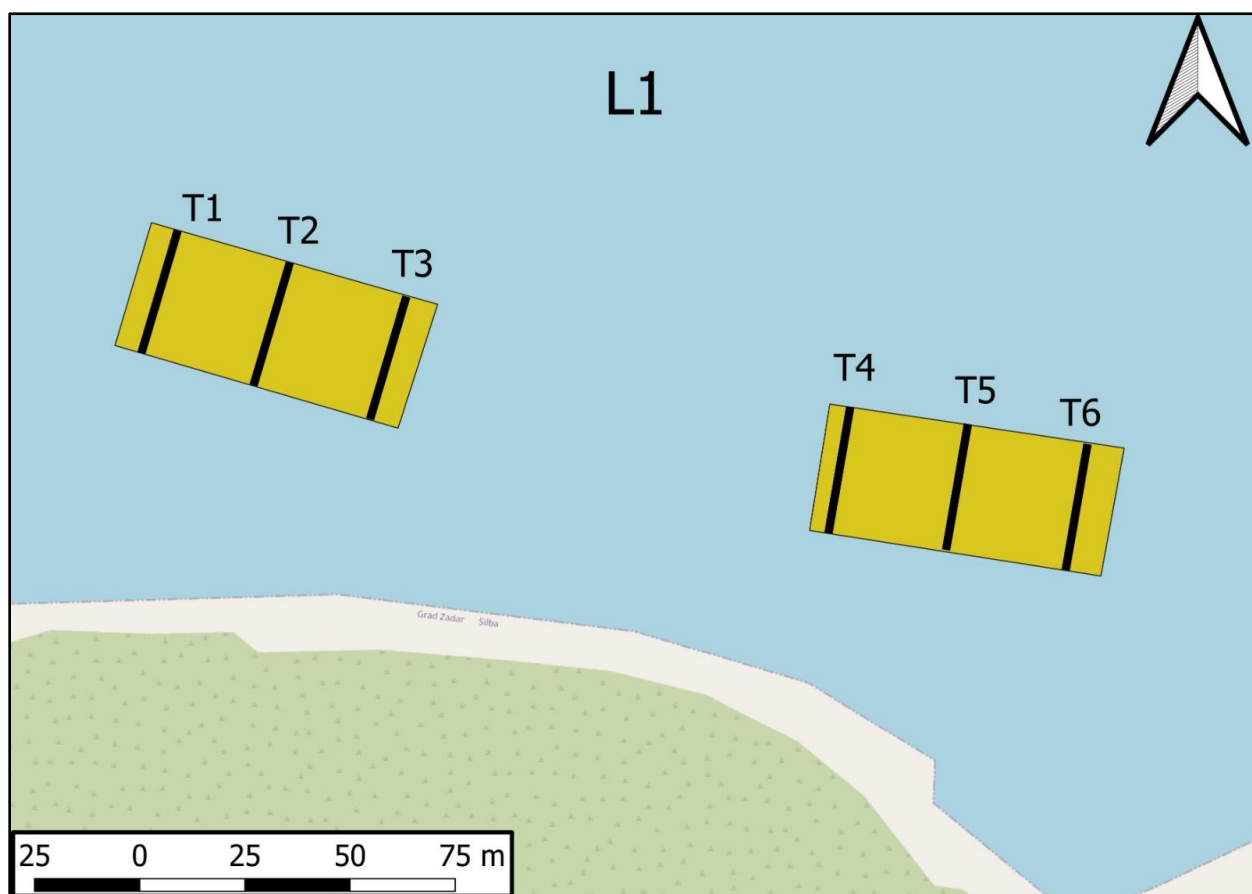


Slika 12. Karta otoka Silbe s ucrtanim lokacijama istraživanja (L1-L8) (kartu izradio Čižmek, H.).

U području otoka Silbe postoje populacije vrste *S. officinalis* te je zabilježeno sakupljanje spužava u ovom području, a smatra se kako je akvatorij otoka Silbe i danas atraktivno skupljalište (Čižmek i sur., 2019.).

4.2. DIZAJN ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENE METODE

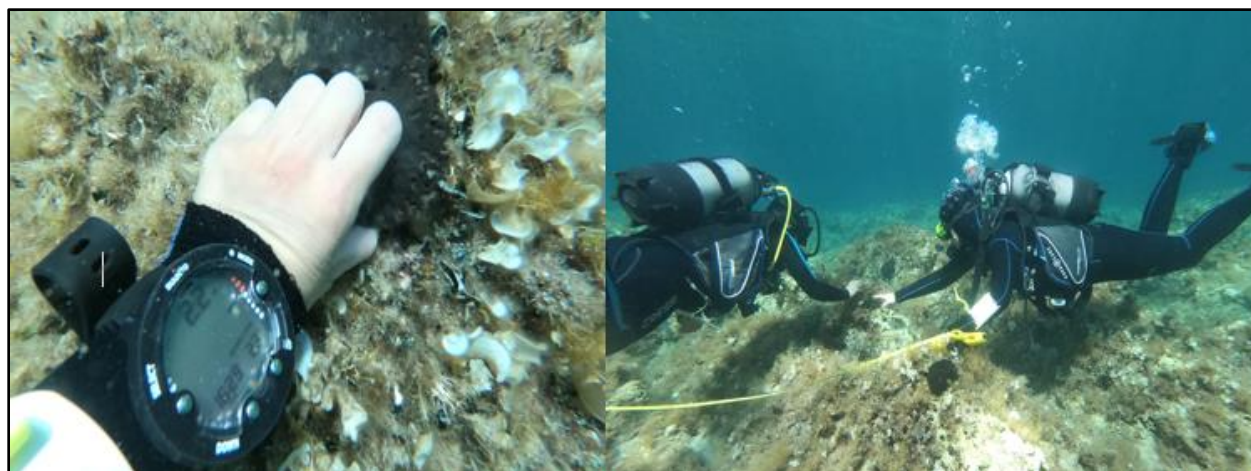
Za istraživanje rasprostranjenosti odabrano je 8 lokacija u akvatoriju otoka Silbe. Na svakoj lokaciji istraženo je 6 transekata (Slika 13). Svaki transekt bio je duljine 30 metara, a postavljani su okomito na obalnu liniju, počevši od dubine 1.5 do 2 metra.



Slika 13. Kartografski prikaz dizajna istraživanja na jednoj lokaciji (L1), s označenim transektima (T1-T6) (kartu izradio Čižmek, H.).

Za identifikaciju vrste korišten je vizualni cenzus, a podatke su istraživači prikupljali uz pomoć autonomne ronilačke opreme (SCUBA). Promatrano je područje od 1 metar sa svake strane transekta (ukupne površine 30x2 m); istraživači su bilježili prisutnost vrste (broj jedinki) te dubinu

na kojoj se svaka jedinka nalazi i položaj na transektu (Slika 14). Od dodatne opreme korištena je ronilačka pločica i olovka te ronilački kompjuter za određivanje dubine. Osim navedenog, zabilježena je i dominantna podloga (stanište) na kojoj se spužve nalaze te prisutnost morske cvjetnice *Posidonia oceanica*.



Slika 14. Prikaz provedbe istraživanja. Istraživači/ronioci provjeravaju prisutnost vrste *S. officinalis* duž transektu (desno); pronađena jedinka vrste te se provjerava dubina na kojoj se nalazi (lijevo) (Sutlović, M.)

4.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Podaci su prikupljeni u MS Excel bazu podataka te obrađeni u istoimenom programu. Statističke analize obavljene su uz pomoć R-sofтверa za statističke analize (R Core Team, 2019.), koristeći paket „stats“ (Rmanual, 2022.). Uočeno je kako se podatci ne mogu promatrati zasebno jer su podatci o staništu ugniježdeni unutar faktora lokacija. Stoga je za statističku analizu korištena funkcija „*Generalized Linear Mixed-Effects Models*“ iz paketa „lme4“. Ova funkcija uključuje fiksne i slučajne učinke unutar linearnog prediktora. Koristi maksimalne vrijednosti za prilagodbu generaliziranog mješovitog modela (Rdocumentation, 2022.).

Osim toga, za statističku analizu korišten je Kruskal-Wallis test (Kruskal i Wallis, 1952.). To je neparametrijski test koji se često koristi u ekološko/biološkoj analizi podataka jer ne pretpostavlja da podatci prate normalnu distribuciju. Njime se prikazuje postoji li značajna razlika u distribuciji zavisne varijable u odnosu na nezavisnu. Za korištenje Kruskal-Wallis testa potrebno je da podatci udovoljavaju sljedećim pretpostavkama:

1. opažanja u skupu podataka su neovisna jedna o drugima
2. podatci ne trebaju pratiti normalnu distribuciju i varijance ne trebaju biti nužno jednake
3. opažanja se moraju izvući iz populacije postupkom slučajnog uzorkovanja. (Solutions, 2022.).

Za dokazivanje prve pretpostavke korišten je Fisher test. Obično se za dokazivanje neovisnosti koristi hi-kvadrat test, no on je primjenjiv samo za veće uzorke, odnosno veću količinu podataka. Fisher test se najčešće koristi za dokazivanje neovisnosti na manjem setu podataka (Kim, 2017). Za utvrđivanje druge pretpostavke korišten je Shapiro-Wilk test. Ovaj test se često koristi za testiranje odstupanja od normalne distribucije, a ovisi o korelaciji među setom podataka te ima veliku statističku snagu (Oztuna i sur., 2006.). Kao što je prethodno navedeno, samo uzorkovanje je provedeno nasumičnim odabirom pozicije transekata, što zadovoljava treću pretpostavku.

Za izradu kartografskih prikaza korišten je QGIS 3.10.11-A Coruña softver otvorenog koda (dostupan na poveznici <https://gisenglish.geojamal.com/2019/11/download-qgis-310-coruna-nov-2019.html>).

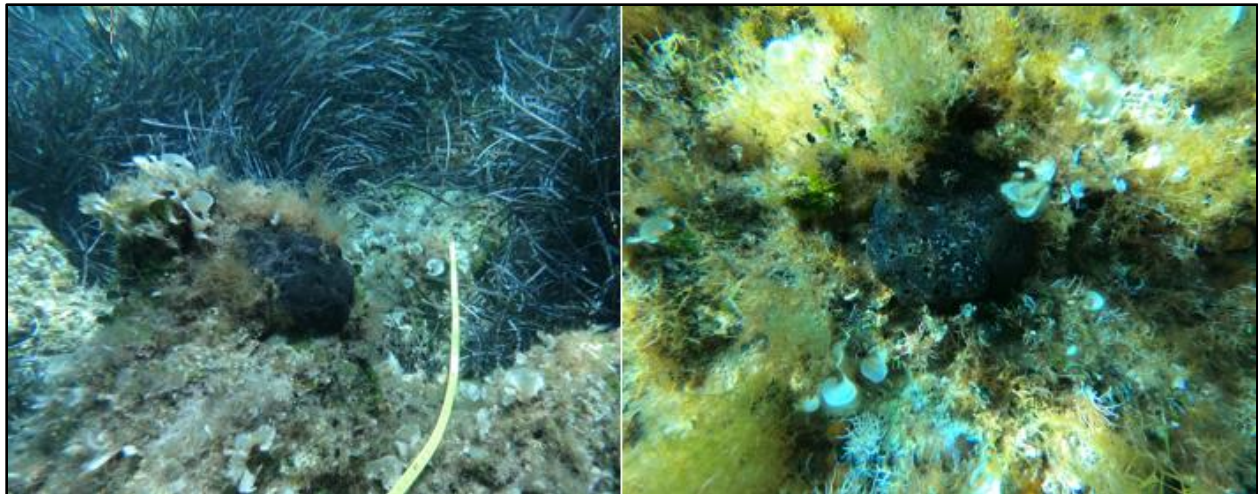
5. REZULTATI

Za vrijeme terenskog istraživanja zabilježene su ukupno 223 jedinke spužava vrste *Spongia officinalis* na ukupno 2880 m² transekata (48x30x2 m), što daje prosječnu gustoću od 0,08 jedinki/m². Najviše spužava na pojedinačnom transektu (n=16) zabilježeno je na transektu 3 na lokaciji L6, a najmanje (n=0) na transektu 2 na lokaciji L1 i transektu 2 na lokaciji L2. Ukupno najveći broj jedinki (n=53) zabilježen je na lokaciji L6, a najmanji (n=7) na lokaciji L2. Broj zabilježenih jedinki na svakoj lokaciji prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1. Prikaz broja jedinki (n) vrste *Spongia officinalis* po lokaciji (L1-L8) s ukupnim brojem jedinki

Lokacija	Broj jedinki (n)
L1	9
L2	7
L3	19
L4	46
L5	33
L6	53
L7	17
L8	39
Ukupno	223

Prepoznato je da su na lokacijama prisutna tri tipa staništa, kamen s algama (KA), kamen s algama s prisustvom morske cvjetnice *Posidonia oceanica* (KA(P)) te golobrst (eng. *Urchin barren*) s pijeskom (UBP) (Slika 15). Broj jedinki spužava zabilježenih na svakom transektu na svakoj lokaciji, uz pripadajuće zabilježeno stanište i dubinu prikazan je u Tablici 2.



Slika 15. Prikaz dvaju varijacija stanišnog tipa „kamen s algama“. Kamen s algama uz prisustvo *P.oceanica* (lijevo) i bez prisustva *P. oceanica* (desno) (Sutlović, M.)

Tijekom provođenja istraživanja na nekoliko transekata zapažene su uginule jedinke *S. officinalis* (Slika 16). Uginule jedinke nisu uvrštene u rezultate istraživanja, no važno ih je zabilježiti kako bi se moglo pratiti stanje.



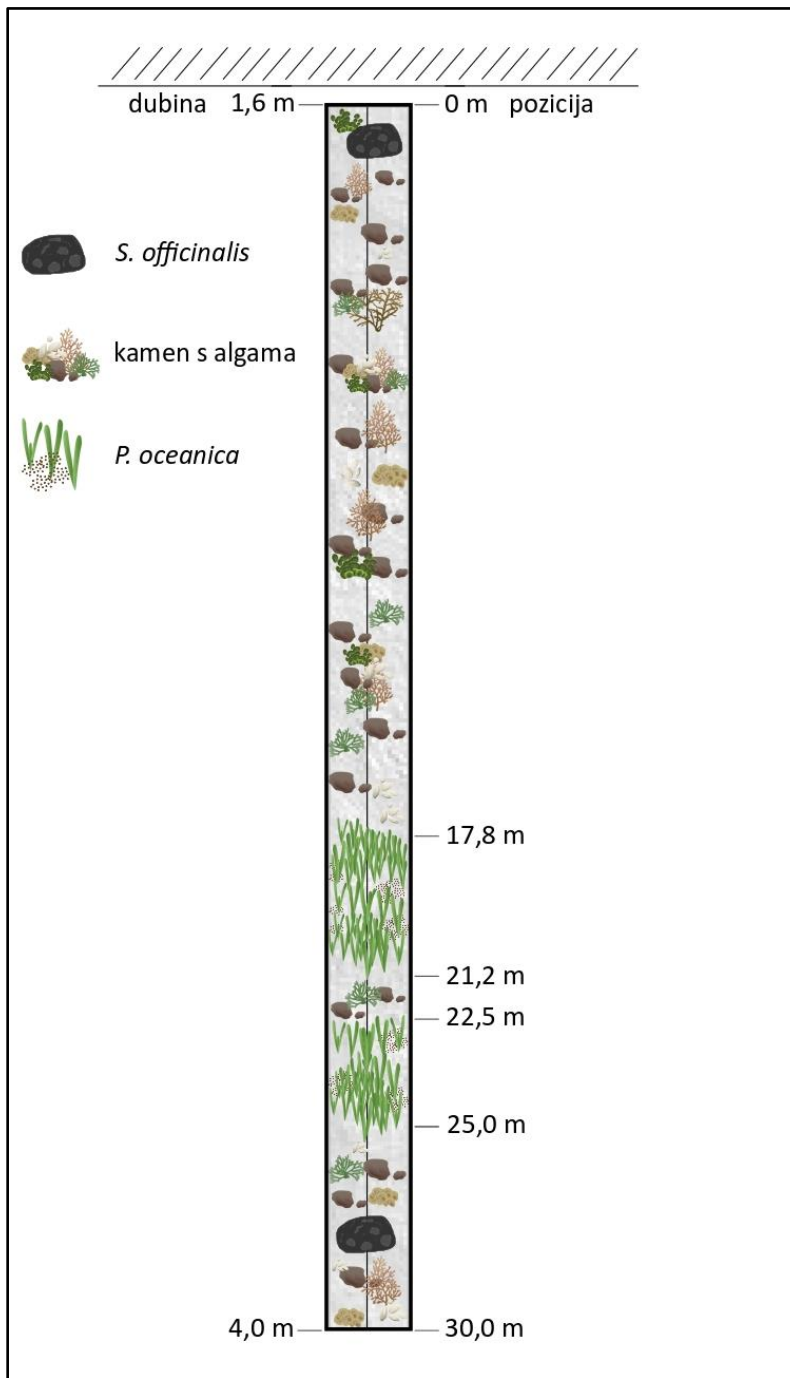
Slika 16. Primjer uginule jedinke vrste *Spongia officinalis* (Sutlović, M.)

Tablica 2. Prikaz broja jedinki (n) vrste *Spongia officinalis* na svakoj lokaciji. Svakoj lokaciji pridodani su transekti (T1-T6) te njima pripadajuće srednje vrijednosti dubina (Mean(d)); stanište(KA-kamen s algama; KA(P)-kamen s algama + *P. oceanica*; UBP-golobrst + pijesak)

Lokacija	Transekt	n	Mean(d)	Stanište
L1	T1	2	2.1	KA
	T2	NA	NA	KA
	T3	1	2.3	KA
	T4	2	4	KA
	T5	2	3	KA
	T6	2	2.7	KA
L2	T1	1	1.7	KA
	T2	NA	NA	KA
	T3	1	2.9	KA
	T4	2	2.5	KA
	T5	2	2.6	KA
	T6	1	2.7	KA(P)
L3	T1	5	3.1	KA
	T2	3	3.7	KA(P)
	T3	2	3.7	KA
	T4	4	3.9	KA(P)
	T5	1	3.4	KA
	T6	4	3.1	KA(P)
L4	T1	13	3	KA
	T2	9	3.6	KA
	T3	4	2.9	KA
	T4	8	3.7	KA
	T5	7	2.8	KA
	T6	5	2.8	KA

Lokacija	Transekt	n	Mean(d)	Stanište
L5	T1	3	3.2	UBP
	T2	8	3.1	UBP
	T3	4	4.2	UBP
	T4	9	3.9	UBP
	T5	4	4.1	UBP
	T6	5	2.8	UBP
L6	T1	10	3.5	UBP
	T2	4	4	UBP
	T3	16	3.8	UBP
	T4	3	5.2	UBP
	T5	12	2.4	UBP
	T6	8	4	UBP
L7	T1	6	2.3	KA
	T2	2	2.6	KA
	T3	5	2.5	KA
	T4	1	2.5	KA
	T5	2	3.4	KA
	T6	1	2	KA
L8	T1	6	2.2	KA
	T2	7	2.8	KA
	T3	10	2.6	KA
	T4	2	3.1	KA
	T5	10	2.6	KA
	T6	2	2.4	KA

Staništa, dubine te broj i pozicija jedinki na lokacijama se razlikuju. Kako bi se podatci mogli bolje vizualizirati i prikazati rasprostranjenost jedinki odabran je jedan reprezentativni transekt (T2 na lokaciji L4) te je, od podataka prikupljenih na istom, napravljen ilustrativni prikaz raspodjele staništa i zabilježenih jedinki vrste *S. officinalis* po pozicijama na transektu (Slika 17).



Slika 17. Ilustrativni prikaz transektu T.4.2. s označenim staništima i pozicijama zabilježenih jedinki spužve *Spongia officinalis*. Crni okvir predstavlja granice transektu 30x2 metra, dok

središnja crna crta označava poziciju samog transekta. Ilustraciju izradila dr.sc. Ivana Zubak Čižmek uz korištenje grafičkih elemenata iz Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (dostupno na: ian.umces.edu/symbols/).

Za vrijeme istraživanja nisu zabilježene razlike u brojnosti spužava vrste *S. officinalis* s obzirom na srednju dubinu transekta (Tablica 3).

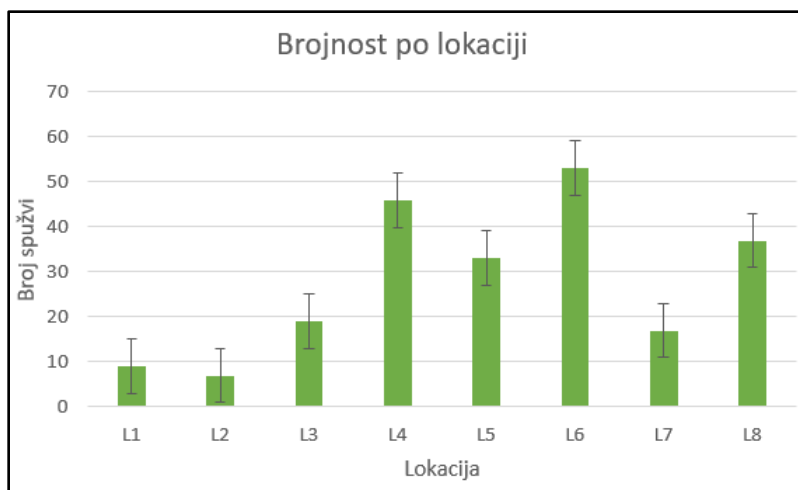
Tablica 3. Rezultati Kruskal-Wallis testa za ovisnost brojnosti o dubini po lokacijama

Lokacija	X ²	df	p-value
L1	4	4	0.406
L2	4	4	0.406
L3	4.8529	4	0.3027
L4	5	5	0.4159
L5	5	5	0.4159
L6	2.7143	4	0.6067
L7	3.1313	3	0.3718
L8	5	5	0.4159

S obzirom da su podatci o staništu ugniježdeni unutar faktora lokacija, ne mogu se promatrati zasebno. Stoga je za utjecaj staništa na brojnost promatran zasebno za svaku lokaciju. Učinjen je *Generalized Linear Mixed-Effects Models* test koji bi bio prikladan za analizu podataka i u skladu s dizajnom eksperimenta, ali zbog malog broja uzoraka nije se mogao provesti te je primijenjena zasebna analiza po lokacijama. Shapiro-Wilk test je pokazao da podatci o brojnosti ne prate normalnu distribuciju ($W=0.88994$, $p=0.0003025$).

5.1. OVISNOST BROJNOSTI O LOKACIJI

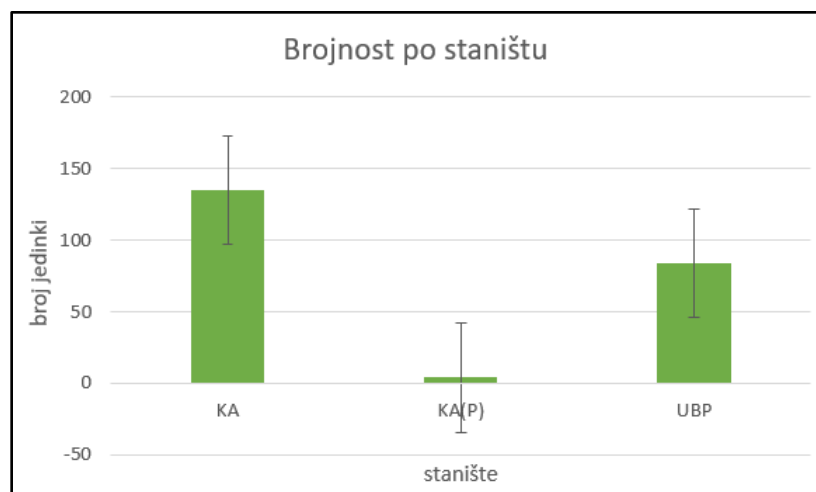
Fisher test je pokazao da su faktori brojnosti i lokacije nezavisni ($p=7.2 \times 10^{-6}$). Kruskal-Wallis test je pokazao da postoji statistički značajna razlika u brojnosti spužava ovisno o lokaciji ($\chi^2 = 28.48$, $df = 7$, $p = 0.56 \times 10^{-3}$) što je prikazano na grafikonu (Slika 18).



Slika 18. Grafički prikaz broja jedinki *S. officinalis* po lokacijama (L1-L8)

5.2. OVISNOST BROJNOSTI O STANIŠTU

Fisher test je pokazao da su faktori brojnosti i staništa nezavisni ($p=0.0062$). Kruskal-Wallis test po lokacijama je pokazao da na lokaciji L1 postoji statistički značajna ($p<0.05$) razlika u brojnosti s obzirom na stanište. Na lokaciji L2 i L3 nema statistički značajne razlike u brojnosti s obzirom na stanište ($p=0.7389$ i $p=0.1588$). Lokacije L4-L8 imaju samo jedno stanište na svim promatranim transektima. Najveći broj jedinki ($n=135$) pronađen je na staništu „KA“, a najmanji ($n=4$) na staništu „KA(P)“ (Slika 19).



Slika 19. Grafički prikaz broja jedinki vrste *S. officinalis* po opaženim staništima (KA-kamen s algama; KA(P)-kamen s algama + *P. oceanica*; UBP-golobrst + pijesak)

6. RASPRAVA

Sistematična i sveobuhvatna istraživanja o rasprostranjenosti vrsta iz roda *Spongia* na području Jadrana ne postoje. Osim pojedinačnih istraživanja, poput Petrov Rančić (2010.), o izlovu spužava u Jadranu ne postoje javno dostupni podatci o rasprostranjenosti i brojnosti jedinki ovog roda na hrvatskoj obali Jadranskog mora.

Spongia officinalis je vrsta koja se izlovljava od davnina te se lovne količine povećavaju s obzirom na to da je ova vrsta pogodna za uporabu u kozmetičkoj industriji. Uloga ove vrste u ekosustavu je neprocjenjiva, a prijetnje za istu su rastuće, ne samo kroz pojačane ribolovne aktivnosti već i kroz prijetnje koje dolaze s globalnim zatopljenjem i zagađenjem/onečišćenjem oceana, uništavanjem/degradacijom staništa i slično (Maldonado i sur., 2016.; Bell i sur., 2015.; Cebrian i sur., 2011.). Stoga je potrebno provoditi dodatna istraživanja o rasprostranjenosti i stanju ove vrste kako u Jadranu tako i u cijelom području rasprostranjenosti. Također, *S. officinalis* posjeduje mnoštvo fenotipova i morfortipova, no tehnologija određivanja i klasifikacije istih nije u potpunosti razrađena te su potrebna dodatna istraživanja i na ovom području. Određeni koraci za bolju determinaciju vrste poduzeti su u Grčkoj gdje su istraživanja o spužvama, posebice onima iz roda *Spongia*, najprisutnija (Psarra i sur., 2010.; Duineveld i sur., 2000.; Gotsis-Skretas i sur., 1999.; Ignatiades i sur., 2002.).

6.1. RAZLIKE U RASPROSTRANJENOSTI VRSTE *S. OFFICINALIS* U AKVATORIJU OTOKA SILBE

Rast i razvoj spužava ovisi o kumulativnom učinku različitih faktora koji čine neku lokaciju povoljnom za nastanjivanje spužava (Wulff, 2012.). Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako brojnost spužava značajno ovisi o lokaciji. Ovakvi rezultati mogu se povezati sa različitim uvjetima u okolišu na različitim odabranim lokacijama. Budući da se istraživane lokacije nalaze na cijelom području otoka Silbe, na njima postoje i različiti uvjeti okoliša u vidu trajanja dnevnog osvjetljenja i količine dostupnog svjetla, jačine i smjera vjetra, valova i morskih struja, dostupnosti i količine nutrijenata, stupnja predacije i slično.

Dokazano je kako dostupnost nutrijenata, strujanje vode, količina svjetla, interakcije s konkurentima, predatorima i simbiotima imaju utjecaj na rast i razvoj spužava te pogodnost lokacije za nastanjivanje. Jedan od faktora koji čine neku lokaciju povoljnom za nastanjivanje je supstrat. Općenito, spužve preferiraju čvrsta, stabilna dna i vertikalne supstrate (Wulff, 2012.) što

se pokazalo točnim i u ovom istraživanju. Sve lokacije imale su kamenitu podlogu, no najveći broj jedinki zabilježen je na kamenitom dnu, bez prisustva pijeska ili morske cvjetnice *Posidonia oceanica*. Ostali faktori koji utječu na rasprostranjenost spužava nisu istraživani u ovom diplomskom radu, no možemo pretpostaviti (na temelju različitih položaja lokacija) da na njima postoje različiti okolišni uvjeti s obzirom na različite položaje istih. Također, u istraživanju nismo utvrdili ovisnost brojnosti jedinki o dubini, što možemo povezati sa širokim rasponom dubina koji ova vrsta može nastanjivati. Prema Čižmek i sur. (2019.) *S. officinalis* može nastanjivati raspon dubina od 1 do 50 m, a prema Pronzato i Manconi (2008.) od 1 do 40 m. Minimalna dubina istraživanja u ovom diplomskom radu bila je 1 m, a maksimalna 7 m što ulazi u navedeni raspon dubina.

Tijekom provođenja istraživanja opažen je događaj vađenja spužava uz samu obalu. Moguće je da je ovaj događaj povezan s rezultatima ovog istraživanja te da bi brojnost jedinki bila veća da nije bilo vađenja ili da se ono dogodilo nakon provedenog uzorkovanja.

Podataka o gustoći populacija *S. officinalis* iz drugih dijelova Sredozemnog mora ima vrlo malo. Prosječna gustoća od 5 jedinki/m² zabilježena je u južnoj Italiji (Pronzato, 1999.), u Ligurskom moru zabilježena je gustoća od 0-0,5 jedinki/m² na dubini do 10 m (Pronzato i sur., 1998.). Na zapadnoj obali Jonskog mora zabilježena je gustoća od 20 jedinki/m² 1970. godine, a 1995. je u istom području zabilježena gustoća od 4 jedinke /m² (Pronzato i Manconi, 2008.). Vrsta *S. officinalis* je široko rasprostranjena u akvatoriju otoka Silbe, a zabilježena je prosječna gustoća od 0,08 jedinki na m² (8 jedinki/100 m²). Najveća gustoća zabilježena je na lokaciji L6, a najmanja na lokaciji L2. Lokacija L6, na kojoj je zabilježena najveća gustoća jedinki nalazi se na zapadnoj strani otoka Silbe. Prosječna dubina iznosi 3,7 m, a zabilježeno je samo jedno stanište (UBP). Lokacija L2, na kojoj je zabilježena najmanja gustoća spužava nalazi se na sjevernoj strani otoka Silbe. Prosječna dubina lokacije je 2,5 m, a zabilježena su dva staništa (KA(P) i KA). Postoji mogućnost da geografski smještaj lokacija ima utjecaj na razliku u brojnosti zbog mogućih različitih karakteristika u dominantnim vjetrovima, morskim strujama, dostupnosti svjetla i nutrijenata te ostalih obilježja koja mogu utjecati na rast i razvoj vrste *S. officinalis*. Razloge različite rasprostranjenosti trebalo bi u budućnosti dodatno istražiti.

6.2. POTENCIJAL UZGOJA

S obzirom na to da postoji rastući interes za iskorištavanjem vrsta iz roda *Spongia* potrebno je obratiti pažnju na potencijal uzgoja ovih spužava kako bi se prirodne populacije istih mogle zadržati u dobrom stanju, ali i zadovoljiti potrebe tržišta. Prethodno je navedeno kako se tehnologija uzgoja spužava razvija još od 19. stoljeća te je utvrđeno kako uzgoj može pridonijeti očuvanju i obnavljanju prirodnih populacija. Metodologija uzgoja nije zahtjevna i sastoji se od stvaranja matičnog stoka. Matični stok se stvara odstranjivanjem dijelova jedinki iz prirodnih populacija te nasađivanje na područje uzgoja u vertikalnom (konopci, mreže) ili horizontalnom (okviri, mreže) položaju. Tehnologija uzgoja je jednostavna i jeftina, ne zahtjeva prihranu i može se odvijati na udaljenim područjima (Pećarević i Bratoš Centić, 2005.; Carriero i sur., 2004.).

U istraživanju Pećarević i Bratoš Centić (2005.) u Malostonskom zaljevu primijećena je dobra prilagodba vrste *S. officinalis* na uzgoj. Jedinke su započele regeneraciju tijekom prvog tjedna od nasađivanja te potpunu regeneraciju 30 od 66 nasađenih primjeraka. Navode kako proces regeneracije započinje odmah kada nastaje tanak, proziran sloj na površini reza. Sloj dobiva pigmentaciju nakon tjedan dana, a nakon mjesec dana dolazi do potpune regeneracije reza. Uzgoj traje najmanje dvije godine, a varira ovisno o vrsti. Rast spužava mjeri se vaganjem mokre mase primjeraka na početku i kraju eksperimenta. Općenito, spužve rastu sporije i imaju sezonske varijacije stope rasta. Stopa preživljavanja jedinki u uzgoju uvelike ovisi o okolišnim uvjetima te o zdravlju matične spužve, tehnici uzgoja i načinu uzimanja fragmenata iz matičnog stoka ili prirodnih populacija. Osim toga, stopa preživljavanja uvelike ovisi o bolestima koje se među spužvama brzo i nekontrolirano šire (Pećarević i Bratoš Centić, 2005.).

Prethodno je navedeno kako uzgoj spužava ovisi o materijalu i podlozi za nasađivanje te kako se spužve mogu uzgajati na vertikalnim i horizontalnim strukturama. Istraživanja su pokazala kako vertikalne strukture pokazuju bolje stope rasta, ali ne značajno. Pokazalo se da početna veličina primjeraka može imati utjecaj na stopu rasta i preživljavanja, a primjerci u uzgoju poprimaju okrugli i pravilni oblik, neovisno o početnom obliku primjeraka. Za *S. officinalis* se pokazalo da primjerci početne veličine 55g dostižu komercijalnu veličinu (200 g i ~10 cm promjera) za 3 godine (Corriero i sur., 2004.).

Morske spužve mogu se uzgajati u priobalju, a najboljim lokacijama pokazale su se one za koje je otprije poznato dobro stanje prirodnih populacija spužava. Na stopu rasta utječe dostupnost nutrijenata i morskih struja na lokaciji. Struje bi trebale biti stalno prisutne i bez fluktuacija kako

bi se održao dobar protok nutrijenata i osigurao stabilan eksponencijalni rast. Reproductivni ciklus nije pokazao utjecaj na stopu rasta (Corriero i sur., 2004.).

Ekonomska isplativost uzgoja može se očekivati tek nakon nekoliko godina, a pogodan je za vrste mekog tkiva s tendencijom nastanjivanja na čvrstim podlogama. Spužve se mogu uzgajati u kombinaciji sa kaveznom uzgojem ribe. Onečišćenje koje proizlazi iz kaveznog uzgoja riba, u vidu povećane količine suspendiranih čestica, može imati negativan utjecaj na ekosustav. Spužve su filtratori te imaju veliku sposobnost zadržavanja suspendiranih organskih čestica i bakterija, što bi uvelike smanjilo negativan utjecaj kaveznog uzgoja na ekosustav. Uzgoj spužava je povoljan jer se mogu sakupljati velike količine za relativno kratko vrijeme, a jedini problem je sporija stopa rasta (Pećarević i Bratoš Cetinić, 2005.).

Potrebna su dodatna istraživanja o biologiji i ekologiji spužava kako bi se utvrdili optimalni uvjeti za uzgoj i osigurala maksimalna učinkovitost, no dosadašnja istraživanja su pokazala kako je uzgoj *S. officinalis* održiv i daje dobre rezultate. Uzgoj spužava je potreban jer, osim što može pomoći kod obnove i zaštite prirodnih populacija, može poboljšati stanje ekosustava i (kao što je prethodno navedeno) ne zahtjeva unos nikakvih dodatnih nutrijenata. Osim toga, zbog rastuće potražnje za *S. officinalis* na tržištu, potrebno je pronaći nove izvore iste kako ne bi došlo do potpunog uništenja prirodnih populacija. Tehnologija uzgoja nije zahtjevnija i ne potražuje velika ulaganja što je može činiti ekonomski isplativom, ali potreban je duži period vremena kako bi se stvorio matični stok i mogli proizvoditi primjerci za tržište zbog relativno spore stope rasta.

7. ZAKLJUČAK

Spužve su rasprostranjene od tropskih do polarnih područja te su važan dio ekosustava. Nastanjuju mnoštvo različitih staništa, prikazuju veliku raznolikost vrsta, fenotipova i morfotipova, oblika i boja. Zauzimaju važnu ulogu u ekosustavu zbog funkcija koje obavljaju, poput: bioerozije, stabilizacije sedimenta, protoka energije i nutrijenata, pružanje staništa, zaštite od predatora. Osim toga, sudjeluju u primarnoj proizvodnji, u simbiotskom su odnosu s mnogim organizmima, a služe i kao izvor hrane.

Spužve su pod snažnim pritiscima koji proizlaze iz ljudskog djelovanja i (posljedično) djelovanja klimatskih promjena. Mehanička oštećenja i uništavanje staništa, zagađenje/onečišćenje mora i povećanje iskorištavanja i izlova samo su neke od prijetnji koje mogu naštetiti prirodnim populacijama spužava.

Spongia officinalis je vrsta spužve koja se izlovljava, kako na Jadranu tako i na cijelom području rasprostranjenosti, od davnina do danas. Potražnja za istima raste te se komercijalna važnost povećava. Porast izlova može dovesti do velikih degradacija prirodnih populacija, posebice ako ne postoje točni podatci o stanju istih te se ne provode praćenja stanja.

U Hrvatskoj, koliko je poznato, ne postoje istraživanja o rasprostranjenosti vrsta spužava u Jadranu, a izlovljavanje se provodi dugi niz godina. Ovakav način rada nije primjeren jer bez poznavanja pravog stanja populacija ne postoje prava ograničenja količina i dozvole za izlov. Zaštita spužava i praćenje stanja zahtjeva više sistematskih istraživanja, ne samo u vidu stanja populacija i rasprostranjenosti vrsta, nego i same biologije vrsta kako bi se utvrdili potrebe i ograničavajući faktori. Također, potrebno je uložiti više napora u razvoj uzgoja spužava kako bi se prirodnim populacijama omogućila obnova, rast i razvoj te zadovoljile potrebe tržišta.

S. officinalis je široko rasprostranjena u akvatoriju otoka Silbe. Akvatorij otoka Silbe može se smatrati potencijalnim područjem za uzgoj spužava. Odabir adekvatne lokacije ovisi o okolišnim uvjetima i interakcijama na istoj, no potencijal se prepoznaje u postojanju tradicije izlova i današnjoj rasprostranjenosti. Sukladno navedenom, razvila se ideja za provođenjem eksperimenta u svrhu određivanja potencijala i metoda uzgoja u akvatoriju otoka Silbe koji bi se mogao provesti u budućnosti.

8. LITERATURA

- Bakaran-Petricioli, T., Radolović, M. i Petricioli, D. (2012). How diverse is sponge fauna in the Adriatic Sea? *Zootaxa*, 3172(1).
- Bell, J. (2008). The functional roles of marine sponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*(79), 341-353.
- Bell, J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Cardenas, C. i Bennett, H. (2015). Global conservation status of sponges. *Conservation Biology*, 1(29), 42-53.
- Castritsi-Catharios, J., Zaoutsos, S., Berillis, P., Zouganelis, G., Ekonomou, G., Kefalas, E. i Pantelis, J. (2017.). Kalymnos, the island which made history in sponge fishery. Data on physical parameters, elemental composition and DNA barcode preliminary results of the most common bath sponge species in Aegean Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 13, 71-79.
- Cebrian, E., Uriz, M., Garrabou, J. i Ballesteros, E. (2011.). Sponge Mass Mortalities in a Warming Mediterranean Sea: Are Cyanobacteria-Harboring Species Worse Off? *P. PLoS ONE*, 6(6).
- Čižmek, H., Čolić, B. i Oštarić, M. (2019). Analiza mogućnosti korištenja morskih vrsta: Spužve roda *Spongia*. Zadar: Društvo istraživača mora - 20000 milja.
- Corriero, G., Longo, C., Mercurio, M., Nonnis Marzano, C., Lembo, G. i Spedicato, M. (2004.). Rearing performance of *Spongia officinalis* on suspended ropes off the Southern Italian Coast (Central Mediterranean Sea). *Aquaculture*, 1-4(230), 195-205.
- Dailianis, T., Tsigenopoulos, S., Dounas, C. i Voultziadou, E. (2011.). Genetic diversity of the imperilled bath sponge *Spongia officinalis* Linnaeus, 1759 across the Mediterranean Sea: patterns of population differentiation and implications for taxonomy and conservation. In *Molecular Ecology* (pp. 3758-3772). Greece: Blackwell Publishing Ltd.
- Duineveld, G., Tselepides, A., Witbaard, R., Bak, R., Berghius, E., Nieuwland, G., Van der Weele, J i Kok, A. (2000.). Benthic-pelagic coupling in the oligotrophic Cretan Sea. *Progress in Oceanography*, 4-2(46), 457-480.
- Enciklopedija, H. (2021.). Silba, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslava Krleža. Retrieved 01. 21., 2021., from <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=55946>

- Folkers, M. i Rombouts, T. (2019). Sponges Revealed: A Synthesis of Their Overlooked Ecological Functions Within Aquatic Ecosystems. *The Ocean; our Research, Our Future*, 9, 181-193.
- Gotsis-Skretas, O., Pagou, K., Moraitou-Apostolopoulou, M. i Ignatiades, L. (1999.). Seasonal horizontal and vertical variability in primary production and standing stocks of phytoplankton and zooplankton in the Cretan Sea and the Straits of the Cretan Arc (march 1994-January 1995). *Progress in Oceanography*, 4(44), 625-649.
- Habdija, I., Primc, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić, K., Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A. i Sertić Perić, M. (2011.). *Protista-Protozoa, Metazoa-Invertebrata - strukture i funkcije* (91-98 ed.). Alfa.
- Habdija, I., Princ-Habdija, B., Radanović, I., Vidaković, J., Kučinić, M., Špoljar, M., Matoničkin, R. i Miliša, M. (2004.). *Protista-Protozoa i Metazoa- Invertebra. Funkcionalna građa i praktikum*. Samobor: Meridijani.
- Haywood, M. (1991.). Trade in Natural Sponges. Student Placement Report. In *Wildlife Trade Monitoring Unit* (p. 59). Cambridge: World Conservation Monitoring Center.
- Hickman, C., Roberts, L. i Larson, A. (2002.). Sponges: Phylum Porifera. In *Animal diversity* (pp. (105-115)). New York: The McGraw–Hill Companies.
- Ignatiades, L., Pasrra, S., Zervakis, V., Pagou, K., Souvermezoglou, E., Assimakopoulou, G. i Gotsis-Skretas, O. (2002.). Phytoplankton size-based dynamics in the Aegean Sea. *Journal of Marine Systems*, 1-2(36), 11-28.
- Kim, H. (2017). Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. *Restorative Dentistry i Endodontics*, 2(42), 152-155.
- Kruskal, W. H., Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Leys, S. i Hill, A. (2012). The Physiology and Molecular Biology of Sponge Tissues. *Advances in Marine Biology*(62), 1-56.
- Maldonado, M., Aguilar, R., Bannister, R., Bell, J., Conway, K., Dayton, P., Diaz, C., Gutt, J., Kelly, M., Kenchington, E. i Young, C. (2016). Sponge Grounds as Key Marine Habitats: A Synthetic Review of Types, Structure, Functional Roles, and Conservation Status. In S. Rossi (Ed.), *Marine Animal Forests* (pp. 3-28). Switzerland: Springer International Publishing Switzerland.

- Matijašec, I. (2014). Uzgoj spužava, Seminarski rad. Sveučilošte u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 4.
- Matoničkin, I., Habdija, I. i Princ-Habdija, B. (1999.). Beskralježnjaci: biologija viših avvertebrata. Zagreb: Školska knjiga.
- Moore, H. (1910.). A practical method of sponge culture. Us Government Printing Office.
- Oztuna, D., Elhan, A. i Tuccar, E. (2006). Investigation of Four Different Normality Tests in Terms of Type 1 Error Rate and Power under Different Distributions. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 3(36), 171-176.
- Pećarević, M. i Bratoš Cetinić, A. (2005.). O uzgoju spužava. *Ribarstvo*, 2(63), 69-78.
- Petrov Rančić, I. (2010.). Kvalitativna i kvantitativna analiza godišnjeg ulova komercijalnih spužava u hrvatskom dijelu Jadrana s posebnim osvrtom na održivost iskorištavanja. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Pomponi, S., Diaz, M., Van Soest, R., Bell, L., Busutil, L., Gochfeld, D. i Slattery, M. (2019). Sponges, Mesophotic Coral Ecosystems. *Coral Reefs of the World*, 12, 63-88.
- Pronzato, R. (1999.). Sponge-fishing, disease and farming in the Mediterranean Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 485-493.
- Pronzato, R., Bavestrello, G. i Cerrano, C. (1998.). Morpho-Functional Adaptations of Three Species of *Spongia* (Porifera, Demospongiae) from a Mediterranean Vertical Cliff. *Bulletin of Marine Science*, 317-328.
- Pronzato, R. i Manconi, R. (2008.). Mediterranean commercial sponges: over 5000 years of natural history and cultural heritage. *Marine Ecology*, 2(29), 146-166.
- Psarra, S., Tselepides, A. i Ignatiades, L. (2000.). Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and Interannual variability. *progress in Oceanography*, 4(46), 187-204.
- Rdocumentation (2022.), glmer: Fitting Generalized Linear Mixed-Effects Models
- Rizzello, I., Frascetti, S., Linello, P., Zambianchi, E. i Boero, F. (1997.). Estinzione e ricolonizzazione di *Spongia officinalis* nello stagnone di Marsala. *Biologia marina Mediterranea*, 4, 443-444.
- Rmanual (2022.). The R Stats Package. Retrieved 02. 14., 2022., from <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/00Index.html>

- Solutions, S. (2022.). Kruskal-Wallis Test. Retrieved 02. 08., 2022., from <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/kruskal-wallis-test/>
- R Core Team. (2019.). A language and environment for statistick computing. (M. Loukides, Editor) Retrieved 02. 18., 2022., from R foundation for statistical computing, Viena, Austria: [//www.R-project.org/](http://www.R-project.org/)
- Van Soest, R., Boury-Esnault, N., Vacelet, J., Dohrmann, M., Erpenbeck, D., De Voogd, N., . . . Hooper, J. (2012). Global Diversity of Sponges(Porifera). PLoS One.
- WPD. (2022.). World Porifera Database. Retrieved 02. 15., 2022., from <https://www.marinespecies.org/porifera/porifera.php?p=stats>
- Wulff, J. (2012). Ecological interactions and the distribution, abundance and diversity of sponges. *Advances in Marine Biology*, 61, 274-331.