

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

DUBOKOMORSKI KORALJI U SREDOZEMNOM MORU

DEEP SEA CORALS IN THE MEDITERRANEAN SEA

SEMINARSKI RAD

Matea Đaković
Preddiplomski studij molekularne biologije
(Undergraduate study of Molecular biology)
Mentor: izv. prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Zagreb, 2019.

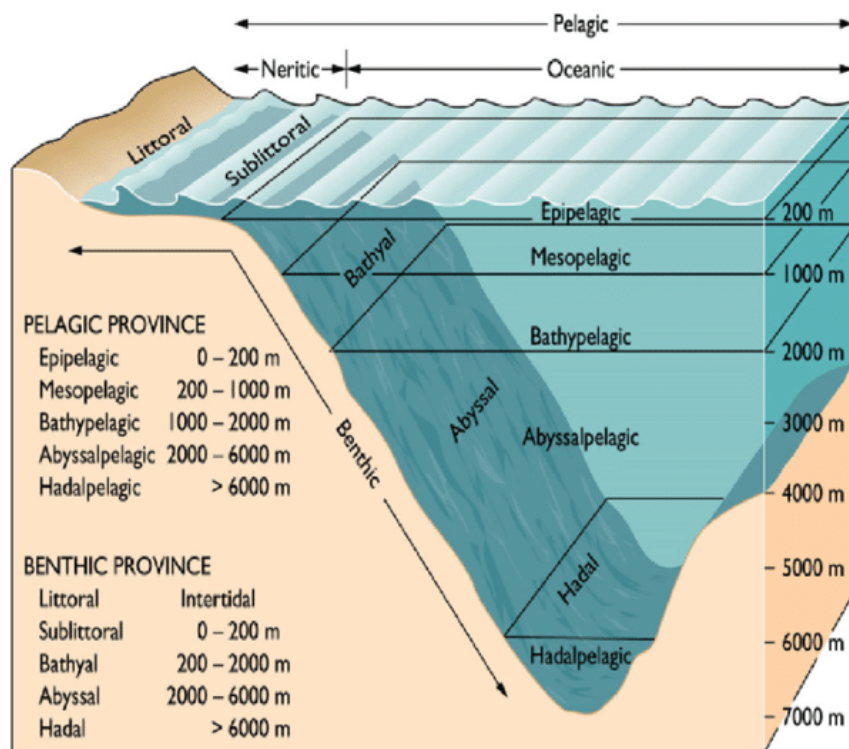
Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. EKOLOGIJA DUBOKOG MORA | 3 |
| 2.1. Temperatura i salinitet | 3 |
| 2.2. Tlak | 3 |
| 2.3. Svjetlost | 3 |
| 2.4. Izvori hrane | 4 |
| 3. RASPROSTRANJENOST ZAJEDNICA DUBOKOMORSKIH KORALJA | 5 |
| 3.1. Sicilijski kanal | 5 |
| 3.2. Santa Maria di Leuca (Jonsko more) | 6 |
| 3.3. Jadransko more | 7 |
| 3.3.1. Istočni dio Južnojadranske kotline | 8 |
| 3.3.2. Zapadni dio Južnojadranske kotline | 9 |
| 4. VAŽNOST DUBOKOMORSKIH KORALJA | 11 |
| 5. UTJECAJ ČOVJEKA I POTENCIJALNI PROBLEMI | 12 |
| 6. LITERATURA | 14 |
| 7. SAŽETAK | 16 |
| 8. SUMMARY | 16 |

1. UVOD

Dubokomorski okoliš u prošlosti nije bio smatran područjem velike bioraznolikosti, niti je bio poznat njegov izgled i vrste koje tamo obitavaju. Posljednjih desetljeća, uz pomoć novih tehnologija, započela su brojna istraživanja dubokog mora s obzirom da ono obuhvaća veći dio svih vodenih površina na Zemlji i da je dosad bilo gotovo potpuno nepoznato. Danas duboko more smatramo jednim od područja najveće bioraznolikosti na planeti i staništem velike raznolikosti i bogatstva ekosistema.

Morska područja globalno možemo podijeliti na pelagijska – područje stupca vode i na bentoska – područje morskog dna (Slika 1). Pelagijsko područje obzirom na udaljenost od kopna dijelimo na neritičku i oceansku provinciju (Castro i sur., 1997), a može se i dubinski podijeliti na zone - epipelagijska (0-200 m), mezopelagijska (200-1000 m), batipelagijska (1000-2000 m), abisopelagijska (2000-6000 m) i hadopelagijska (>6000 m). Bentosko područje dijeli se na četiri zone ovisno o dubini - litoralna (do 200 m), batijalna (200-2000 m), abisalna (2000-6000 m) i hadalna (6000 m i dublje).



Slika 1. Globalna biozonalna podjela morskih područja.

Preuzeto i prilagođeno iz: https://www.researchgate.net/figure/Division-of-the-marine-environment_fig2_302285392

Pod pojmom duboko more zapravo podrazumijevamo sva mora dublja od 200 metara (sve zone osim epipelagijske) što obuhvaća 90% ukupnog volumena oceana. To je područje do kojeg ne dopire svjetlost ili je ima vrlo malo i nedostatno za fotosintezu, s nižom temperaturom i vrlo visokim tlakom, jer tlak raste 1 bar svakih 10 metara dubine u moru.

Koralji obično nastanjuju plitka, dobro osvijetljena područja, siromašna nutrijentima, gdje polipi žive sa simbiotskim algama koje im pružaju energiju, pomažu njihov rast i stvaranje kalcificiranog skeleta. Takvi koralji u tropskom području stvaraju koraljne grebene, koji pružaju stanište mnogobrojnim vrstama u moru.

Unatoč relativno nepovoljnim uvjetima i u dubokom moru žive koralji iz nekoliko sistematskih skupina unutar koljena *Cnidaria* koji mogu stvarati grebene. Dubokomorski koralji prilično su različiti od onih u plitkom moru; žive u gotovo svim svjetskim oceanima i morima (Freiwald, 2004): na fjordovima, duž rubova kontinentalne podine, te na morskim masivima. Oni žive bez svjetlosti, u području relativno bogatom nutrijentima, što čini veliku razliku u odnosu na koralje u plitkom moru. S obzirom na to da žive na velikim dubinama gdje nema svjetlosti, nemaju simbiotske alge nego ovise isključivo o organskoj tvari koja dolazi iz plićih dijelova ili se hrane zooplanktonom.

U posljednja dva desetljeća, duž Sredozemnog mora, posebice u njegovom središnjem dijelu, otkrivene su mnogobrojne nove zajednice dubokomorskih koralja. Oceanografska istraživanja uz pomoć daljinski upravljanih ronilica (remotely operated underwater vehicle, ROV) i podvodnih kamera, istraživanja korištenjem koče i parangala, te podaci koje su zabilježili ribari, pokazali su da duž centralnog dijela Sredozemnog mora postoji pojas zajednica dubokomorskih koralja (Capezzuto i sur. i sur., 2018). Te su zajednice vjerojatno povezane gibanjem dubinskih vodenih masa u Jadranu i centralnom Sredozemlju.

2. EKOLOGIJA DUBOKOG MORA

Nekoliko važnih bioloških i ekoloških aspekata utječe na život dubokomorskih koralja i na njihova staništa. U ovome poglavlju bit će istaknuti oni najbitniji: temperatura i salinitet, tlak, svjetlost te izvori hrane.

2.1. Temperatura i salinitet

Nije još sasvim poznato koliko su zapravo dubokomorski koralji otporni na temperaturne promjene i promjene saliniteta, s obzirom da je provedeno tek nekoliko relevantnih mjerenja u prošlosti. Porastom dubine oceana (mora) dolazi do postupnog snižavanja temperature (Talley i sur., 2011), koja u dubini iznosi u prosjeku između 0 i 6°C. To je zato što do tih područja ne dopire svjetlost, a i hladnija voda je gušća pa tone na dno. Temperatura dubokog Sredozemnog mora je zbog njegovog geografskog položaja i zatvorenosti znatno viša – oko 13°C. Salinitet Sredozemnog mora nešto je viši od prosjeka svjetskih mora i iznosi 38 promila, odnosno otopljeno je 38 g soli u svakom kilogramu morske vode.

2.2. Tlak

Tlak u dubokom moru izrazito je visok. Za svakih 10 m dubine tlak raste za jedan bar (Nybakken, 2001), tako da je tlak na najvećim dubinama između 20 (na 200 m dubine) i 1000 (na 10000 m dubine) bara. Povećani tlak stvara problem za tjelesne šupljine životinja (npr. šupljine probavnog, dišnog i optjecajnog sustava), jer plinovi koji ih ispunjavaju zbog povećanog tlaka smanjuju volumen pa te šupljine gube potporu i dolazi do oštećenja tkiva. Visoki tlak utječe na proteine i njihovu funkciju pa neke reakcije postaju neučinkovite. Plivaći mjehur kod većine vrsta ne postoji, a zamjenjuje ga mjehur ispunjen lipidima; s obzirom da su masti lakše od morske vode omogućuju ribama lakše plivanje i plutanje.

2.3. Svjetlost

Ispod područja fotičke (eufotičke) zone, koja seže do maksimalno 200 m dubine u najbistrijim oceanskim vodama, nema prodora svjetlosti koja je neophodna za primarnu produkciju (fotosintezu). U disfotičkoj zoni koja obuhvaća područja od otprilike 200 do 1000 metara dubine, svjetlosti još uvijek ima, ali je nedovoljnog intenziteta za fotosintezu, a u afotičkoj zoni, ispod 1000 m dubine, svjetlosti više uopće nema. Nedostatak svjetla u

dubokom moru rezultira time da ribe nemaju oči (npr. u afotičkoj zoni) ili dolazi do povećanja očiju (npr. u disfotičkoj zoni) tako da one čine veći dio tijela (Nybakken, 2001). Neki organizmi razvijaju sposobnost bioluminiscencije kao odgovor na okolinu bez prisutnosti Sunčeve svjetlosti.

2.4. Izvori hrane

Duboko more još uvijek nedovoljno istraženo, pa nam je malo poznato o prehrani i izvorima hrane za dubokomorske organizme. Dubokomorski koralji najvjerojatnije preživljavaju hraneći se živim planktonom ili česticama organske tvari koje uspiju ugrabiti. Za razliku od tropskih koraljnih grebena, gdje gotovo svi nutrijenti i hrana nastaju unutar sustava putem fotosimbioze, u dubokom moru koralji ovise o pelagičkoj produkciji hrane (Freiwald, 2004). Kvaliteta i dostupnost nutrijenata određuju fitness takvog staništa, i to je najveći ograničavajući čimbenik za rast koraljnih grebena u dubokom moru.

3. RASPROSTRANJENOST ZAJEDNICA DUBOKOMORSKIH KORALJA

U usporedbi s Atlantskim oceanom, o zajednicama dubokomorskih koralja Sredozemnog mora zasada je nedovoljno znanstvenih podataka o njihovoj rasprostranjenosti, okolišnim zahtjevima i prilagodbama na život u dubinama. Do sada se većina istraživanja temeljila na ribarskim metodama, kočarenju i lovljenju uz pomoć mreže, što nisu toliko precizne metode i dosta su selektivne, te nerijetko djeluju destruktivno na bentoske zajednice. Međutim, u posljednjih nekoliko godina, suradnjom geologa i biologa te uporabom suvremenije opreme i metoda istraživanja, primjerice daljinski upravljanih ronilica, znanje o tim zajednicama znatno se proširilo. Zahvaljujući nekoliko takvih istraživanja provedenih u zadnjem desetljeću (Freiwald i sur., 2009), sada je poznato više zajednica dubokomorskih koralja u Sredozemnom moru i stalno se otkrivaju nove lokacije. U ovome radu bit će opisane zajednice koje su najranije otkrivene – u Sicilijskom kanalu, na lokalitetu Santa Maria di Leuca u Jonskom moru, te u južnim dijelovima Jadranskog mora.

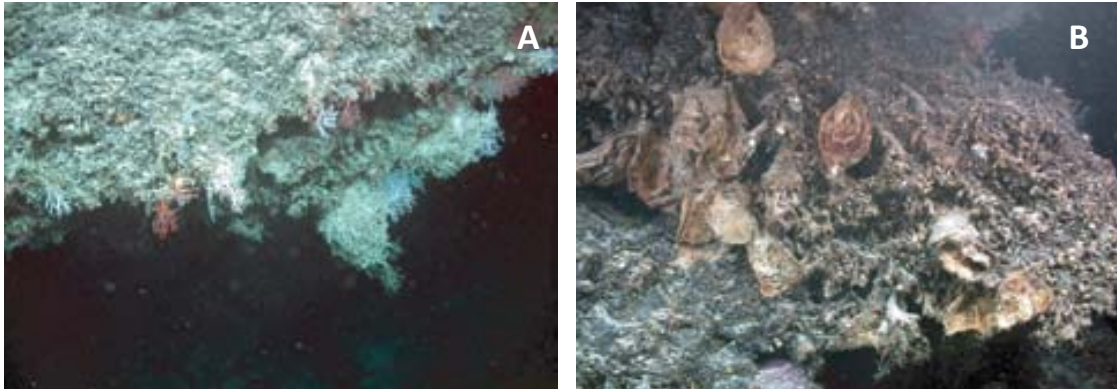
3.1. Sicilijski kanal

Sicilijski kanal je prolaz širine oko 145 kilometara između Sicilije i Tunisa, koji dijeli Tirensko more i zapadni dio Sredozemnog mora od njegovog istočnog dijela (Truver, 1980). To je zona kontinentalnog rasjeda na koju je utjecalo značajno tektonsko rastezanje od kasnog miocena, što je rezultiralo nizom rasjeda koji se pružaju u smjeru sjeverozapad-jugoistok (Civile i sur., 2008).

Sicilijski kanal je područje plitkog mora i većinom dubina ne premašuje 400 m, no postoje tri depresije koje su nastale tektonskim pomicanjima, gdje je dubina od 1300 do 1700 m, u blizini otoka Pantelleria, Malta i Linosa. Upravo to su područja gdje su zabilježene zajednice bijelih koralja nazvanih tako zbog bijele boje njihovih kolonija (Freiwald i sur., 2009, Slika 2A). Od sesilnih bentoskih vrsta prevladavaju oktokoralji *Isidella elongata* i *Funiculina quadrangularis*. Na okolnim stijenama i kamenitoj podlozi nešto je teže identificirati vrste, s obzirom da je prisutna gotovo potpuno crna ili smeđa okamenjena karbonatna kora. U toj karbonatnoj kori nalaze se fosili koralja vrsta *Dendrophyllia cornigera*, *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* i nešto rijede iznimno velike jedinke *Desmophyllum dianthus*. Tu fosilnu strukturu danas preferentno naseljavaju školjkaši (Slika 2B) i živuće koraljne zajednice koje se najčešće sastoje od vrsta *M. oculata* i *L. pertusa*, pri

čemu rastu okrenute prema dolje i podsjećaju na viseće vrtove s kolonijama nalik na lepeze (Slika 2A).

Kolonije *M. oculata* dostignu visinu 30-40 cm, relativno su krhke i osjetljive te imaju pojedinačne cik-cak oblikovane grane. Kolonije *L. pertusa* u prosjeku su dosta manje i rijetko prelaze 10 cm.



Slika 2. Zajednice bijelih koralja u Sicilijskom kanalu s neimenovanog lokaliteta blizu Malte. (A) „Viseći vrtovi“, karakteristična zajednica koralja *Madrepora oculata*, *Lophelia pertusa* i *Corallium rubrum* (673 m dubine); (B) Agregati dubokomorskih školjkaša prihvaćeni na strukturu fosilnih koralja (684 m dubine). Preuzeto i prilagođeno iz Freiwald i sur., 2009.

3.2. Santa Maria di Leuca (Jonsko more)

Santa Maria di Leuca lokalitet je u Jonskom moru i bogato područje s velikom bioraznolikošću i ukupno 222 zabilježene bentoske vrste u području od 280 do 1121 metara dubine. Najbrojnija vrstama u posljednjem istraživanju (Mastrototaro i sur., 2010) su koljena *Porifera* (36 vrsta), zatim *Mollusca* (35 vrsta) i *Cnidaria* (31). Od sveukupnog broja identificiranih vrsta, 135 je novih na ovom području, a 31 je nova vrsta za sjeverozapadni dio Jonskog mora. Ovim istraživanjem po prvi put je u Sredozemnom moru zabilježen polihet *Harmothoe vesiculosa*.

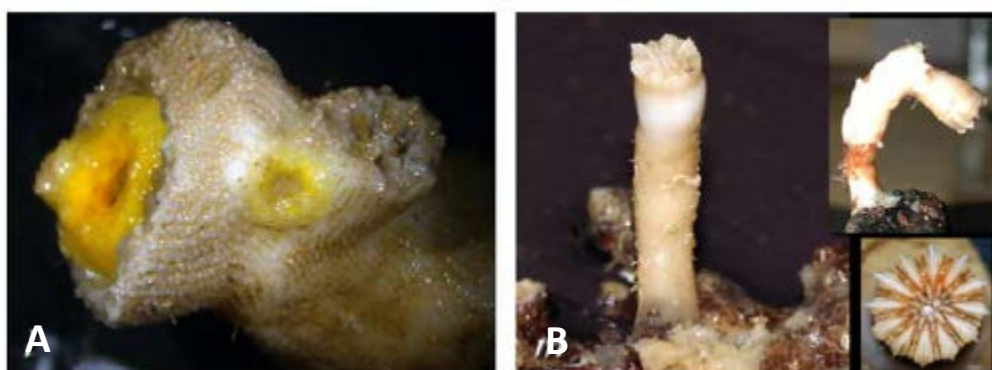
Među dubokomorskim koraljima prevladavaju zajednice kamenih koralja *Madrepora oculata* i *Lophelia pertusa*. Santa Maria di Leuca predstavlja „koraljnu banku“ koja stvara kompleksno trodimenzionalno stanište i pruža raznolikost ekoloških niša za velik broj vrsta koje tamo žive (Rogers, 1999). U isto vrijeme, to je mjesto skrivanja od predatora, kao i utočište za mnogobrojne vrste, posebice one od ekonomske važnosti (D’Onghia i sur., 2010)

Nalaz čak 135 novih vrsta u ovom opsežnom istraživanju (Mastrototaro i sur., 2010) pokazuje koliko je važna uloga koralja u kontekstu raznolikosti čitavog Sredozemnog mora. Svega 30 vrsta pronađeno je na živućim kolonijama dvije najraširenije koraljne vrste *M.*

oculata i *L. pertusa*, dok je 83 vrste pronađeno na uginulim koraljnim granama i 59 u koraljnom detritusu. Veća raznolikost pronađena na uginulim koraljima vjerojatno je zbog pogodnosti mrtvih koraljnih skeleta kao mjesta prihvaćanja za velik broj sesilnih beskralježnjaka.

Do otkrića bogatstva ovog lokaliteta smatralo se da je *Lophelia pertusa* blizu izumiranja, temeljem istraživanja (Zibrowius i sur., 1980) u kojem su zabilježene dvije manje zajednice u Lionskom zaljevu i Alboranskom moru. Isti autori zabilježili su da je *Madrepora oculata* dosta raširena u Sredozemnom moru: od Alboranskog do Egejskog mora. Nedavno su zajednice te dvije vrste uočene i na južnoj i jugozapadnoj obali Malte (Schembri i sur., 2007).

Osim *L. pertusa* i *M. oculata*, koje su najbrojnije u ovom području, nađeno je još 4 vrste dubokomorskih koralja (Mastrototaro i sur., 2010). To je prije svega kolonijalna vrsta *Dendrophyllia cornigera* (Slika 3A) koja živi na oko 500 metara dubine i 3 solitarne vrste: *Desmophyllum dianthus*, *Stenocyathus vermiformis* i *Caryophyllia calveri*. Prve dvije su široko rasprostranjene i nastanjuju živuće ili mrtve koraljne kolonije te čvrste supstrate, dok je *C. calveri* (Slika 3B) zabilježena prvi put na ovom području i to jedino na čvrstom dnu.



Slika 3. Koraljne vrste na lokalitetu Santa Maria di Leuca. (A) *Dendrophyllia cornigera*; (B) *Caryophyllia calveri*. Preuzeto i prilagođeno iz Mastrototaro i sur., 2010.

3.3. Jadransko more

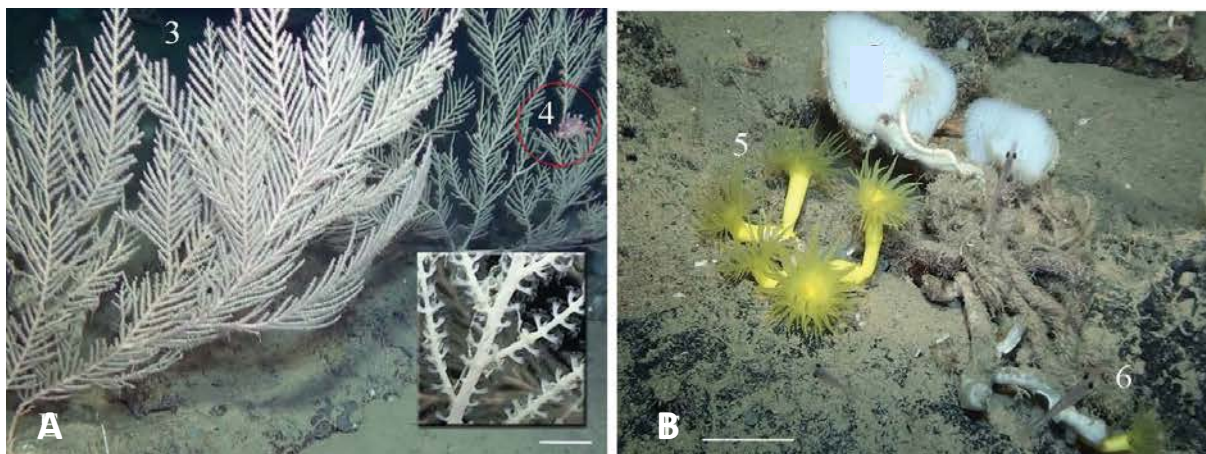
Veliki dio raznolikosti dubokomorskih koralja u Sredozemnom moru otpada na Jadransko more, gdje je u proteklih nekoliko godina zahvaljujući daljinski upravljanim ronilicama otkriveno više takvih zajednica. Naročito dobro razvijene zajednice dubokomorskih koralja i spužvi su zabilježene u jugozapadnom dijelu Jadrana, uz rub Južnojadranske kotline, na području kanjona Bari, klizišta Gondola i Danajskog podmorskog uzvišenja (Freiwald i sur., 2009; Bo i sur., 2012; Sanfilippo i sur., 2013). Zajednice čine

kameni koralji *Madrepora oculata*, *Lophelia pertusa*, *Dendrophyllia cornigera*, *Desmophyllum dianthus*, te spužve *Poecillastra compressa* i *Pachastrella monilifera*.

3.3.1. Istočni dio Južnojadranske kotline

Istraživanje je provedeno na dvije lokacije u kanjonima uvučenim u Crnogorsku podmorsku padinu na dubini većoj od 400 m (Angeletti i sur., 2014). Na prvoj lokaciji morsko dno na dubinama između 420 i 490 metara karakterizira glinovito-muljevito sedimentno dno na kojem mjestimično nalazimo nešto epifaune – spužvu *Pachastrella monilifera* i nešto rijeđe, gorgoniju *Paramuricea macrospina*. Kamenito, čvrsto dno koje izbija iz mekog sedimenta sastoji se od čvrstih izbočenja, mjestimično pokrivenih Fe-Mn oksidima, raštrkanih stijena i blokova do nekoliko metara širine, koji su vjerojatno rezultat procesa klizanja. Takvu podlogu iskorištavaju megabentoski organizmi, najviše spužve (*P. monilifera* i *Desmacella* sp.) i žarnjaci (*P. macrospina* i *Callogorgia verticillata*, Slika 4A) zajedno s pričvršćenim školjkašima (*Spondylus gussonii*). Ponegdje stjenovita podloga služi kao stanište velikih kolonija crnog koralja *Leiopathes glaberrima* i kamenog koralja *Madrepora oculata*, te manjih kolonija vrste *Lophelia pertusa* i klastera *Dendrophyllia cornigera* (Slika 4B).

Na drugoj lokaciji more je prosječne dubine 440 m, i tu također prevladava sedimentno dno, ponegdje s blokovima stijena i velikim pločama oksidiranih stijena. Meki sediment nastanjuju pretežno spužve, dok preferenciju prema čvrstom dnu pokazuju sesilne životinje, od kojih su daleko najuočljivije gorgonije vrste *Callogorgia verticillata* (Slika 4A) koje narastu do 1 metar u visinu. Od drugih sesilnih organizama prisutna je bijela spužva *Pachastrella monilifera* te žuti koralj *Dendrophyllia cornigera* (Slika 4B). Na dubljim postajama, od 545 do 525 metara zapažena je rijetka fauna, nešto vrsta bodljikaša i obrubnjaka na mekom sedimentu, te kolonije koralja *Madrepora oculata* i *Dendrophyllia cornigera* na čvrstom supstratu.

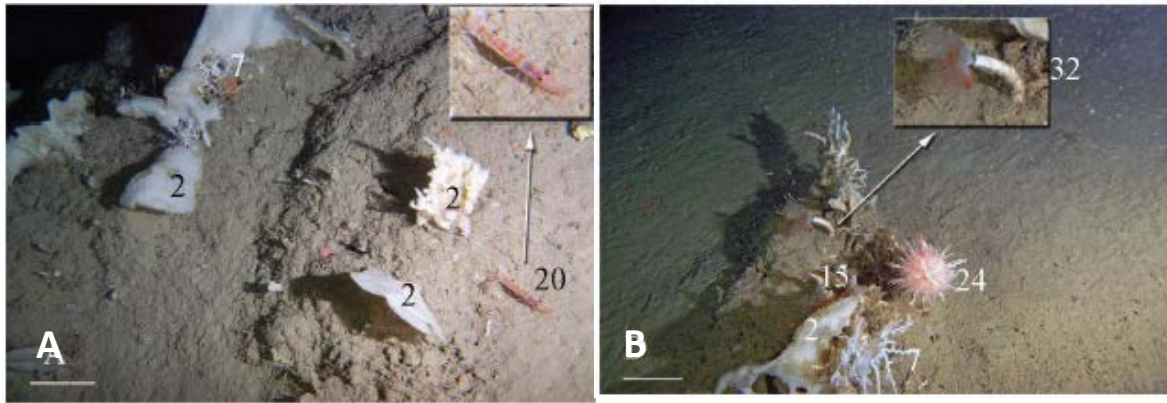


Slika 4. Neke od vrsta koje obitavaju na morskom dnu na dvije promatrane lokacije u istočnom dijelu Južnojadranske kotline. (A) Velika kolonija *Callogorgia verticillata* (3); (B) Žuti koralj *Dendrophyllia cornigera* (5). Prilagođeno i preuzeto iz Angeletti i sur., 2014.

3.3.2. Zapadni dio Južnojadranske kotline

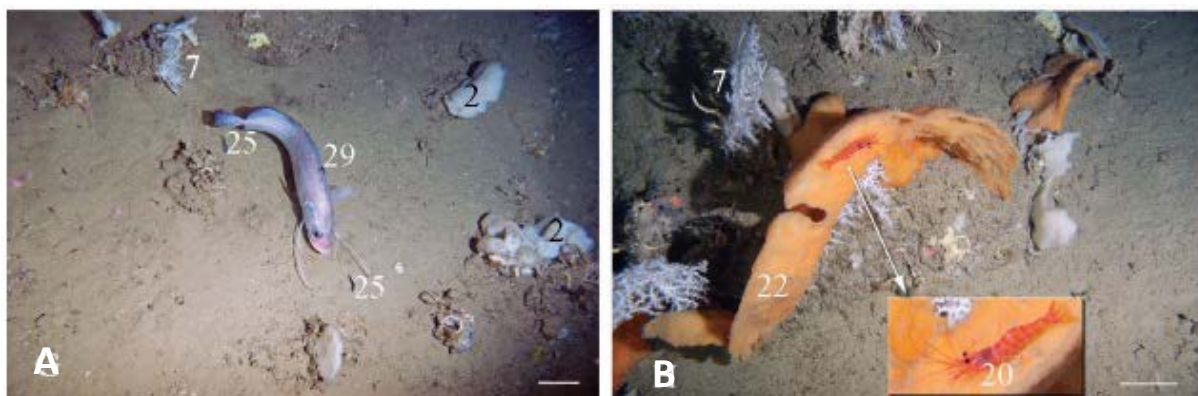
Kanjon Bari još je jedno ekološki bogato stanište u Sredozemnom moru i izrazito aktivno područje koje predstavlja kanal za prijenos sedimenta i nutrijenata s kontinentalne podine do batijalne zone (Turchetto i sur., 2007). Oplahuju ga guste vodene mase iz sjevernog Jadrana koje putuju južno prema Otrantskim vratima i Jonskom moru prateći izobate na srednjim dubinama od 400 do 700 metara (Vilibić i sur., 2002).

Kamenito dno na dubinama između 450 i 500 metara povoljno je mjesto za život različitih žarnjaka, spužvi i serpulida (Angeletti i sur., 2014). *Madrepora oculata* prevladava nad drugim žarnjacima, s relativno malim kolonijama u obliku lepeza, koje rijetko prelaze 30 cm veličine. *Dendrophyllia cornigera* je također prisutna, ali u puno manjoj mjeri. *M. oculata* je često okružena velikim spužvama poput *Pachastrella monilifera* (bijela spužva, Slika 5A) i *Poecillastra compressa* (narančasta spužva), koje su glavni elementi dubokomorskih zajednica u Sredozemnom moru (Bo i sur., 2012). Nekoliko vrsta serpulida (Slika 5B) čvrsto je povezano s kolonijama *M. oculata* i doprinose čvrstoći karbonatnih biokonstrukcija (Sanfilippo i sur., 2013). Takav sastav žarnjaka, spužvi i serpulida živi duž zidova kanjona što je vjerojatno povezano sa strujanjem vodenih masa na takvim mjestima (Wainwright i sur., 1976).



Slika 5. Neke od vrsta organizama koji obitavaju na morskom dnu u kanjonu Bari. (A) Zajednica organizama u kojoj dominiraju bijele masivne spužve vrste *Pachastrella monilifera*(2) i kameni koralji vrste *Madrepora oculata*(7); (B) Serpulidi *Vermiliopsis* sp. (32) i *Serpula vermicularis* (15); ježinac *Echinus melo* (24) na koloniji *M. oculata* (7). Preuzeto i prilagođeno iz Angeletti i sur., 2014.

Relativno je česta pojava dekapodnih rakova (vrste *Plesionika martia*, Slika 6B) i *Munida tenuimana*), te različitih vrsta riba među kojima su dvije neidentificirane vrste iz porodica *Argentinidae* i *Myctophidae*, te ekonomski važne vrste *Phycis blennoides* (Slika 6A) i *Pagellus bogaraveo* (Angeletti i sur., 2014). Autori su istraživali do sada neistraženi sektor kanjona u potrazi za novim vrstama. Na kamenitoj podlozi tražili su zajednice dubokomorskih koralja, no utvrđeno je da u tom području dominiraju spužve i serpulidi.



Slika 6. Neke vrste koje obitavaju na morskom dnu kanjona Bari. (A) Ekonomski važna riba vrste *Phycis blennoides* (29) i riba iz porodice *Argentinidae* (25), pored zajednica koralja i spužvi (7 i 2); (B) Narančasta spužva *Poecillastra compressa* (22) pruža utočište dekapodnom raku *Plesionika martia* (20). Preuzeto i prilagođeno iz Angeletti i sur., 2014.

4. VAŽNOST DUBOKOMORSKIH KORALJA

Zajednice dubokomorskih koralja žarišta su bioraznolikosti u moru, ali i živoga svijeta općenito. Imaju dugi životni vijek i nisku stopu rasta (nekoliko mm u godini), te dug reproduktivni ciklus (Lauria i sur., 2017). Neki dubokomorski koralji tvore grebene i kompleksna trodimenzionalna staništa nalik šumama, koja izgledaju poput otoka usred ravnog, pustog i muljevitog okoliša. Nakon otkrića već spomenutog lokaliteta Santa Maria di Leuca utvrđeno je da je puno veća raznolikost mejofaune zabilježena u blizini živućih kolonija i koraljnih grebena. U nekim slučajevima, koraljne strukture mogu biti i do 40 metara visine, te se mogu prostirati i do nekoliko kilometara u širinu.

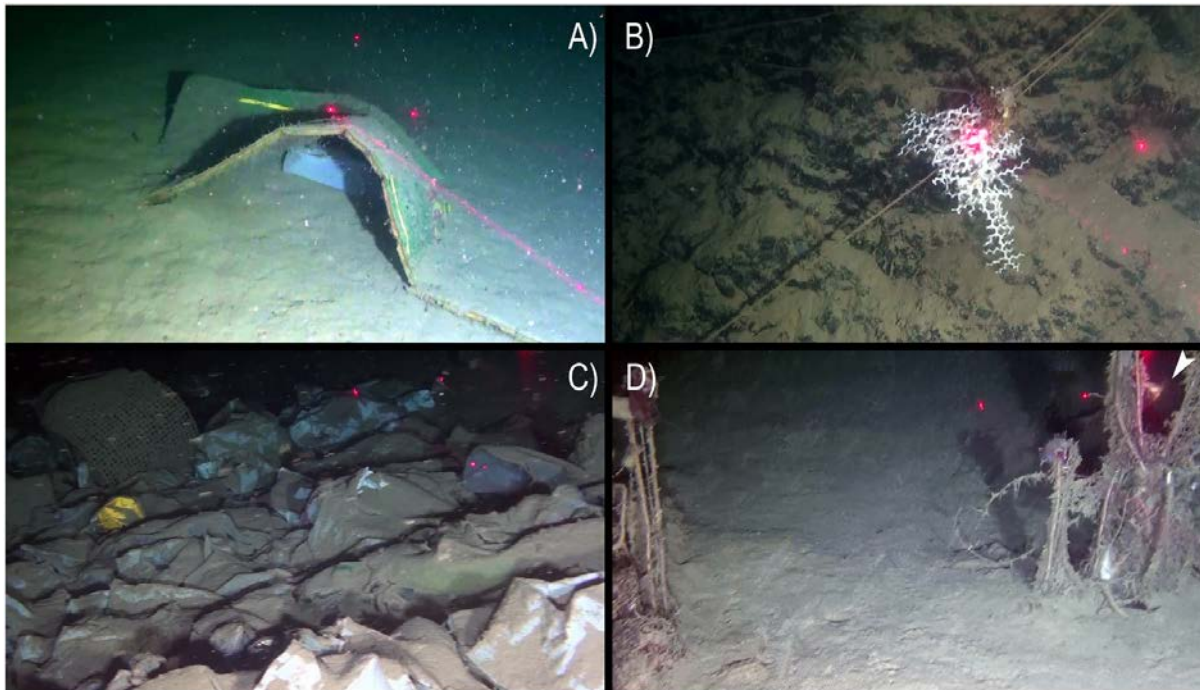
Dubokomorski koralji stvaraju bogati ekosustav i pružaju sklonište, hranilište i rastilište brojnim organizmima, uključujući i mnogo komercijalnih vrsta. U Sredozemnom moru, dubokomorski koralji povezani su usko s komercijalno važnim vrstama rakova. Također, dubokomorski koralji akumuliraju nastali detritus i utječu na lokalno hidrodinamičko strujanje (Freiwald i sur., 2009). Vrlo su važni u evoluciji i očuvanju funkcije dubokomorskih okoliša. S druge strane, njihova krhkost čini ih iznimno podložnima vanjskim utjecajima. Zasad se dubokomorskim okolišem ne upravlja na primjeren način, a to za posljedicu može imati nepovratnu i trajnu štetu za određene organizme u dubokom moru što u konačnici dovodi do štetnih učinaka na čitav ekosustav (Aguilar i Marín, 2013). Zajednice dubokomorskih koralja su indikatori ranjivosti morskih ekosustava („vulnerable marine ecosystems“, VMEs), stoga je njihovo očuvanje ključno za održanje bioraznolikosti u moru.

5. UTJECAJ ČOVJEKA I POTENCIJALNI PROBLEMI

U Sredozemnom moru, staništa dubokomorskih koralja usko su povezana s komercijalno važnim vrstama rakova (Lauria i sur., 2017), pa se posljedično njihova raznolikost drastično smanjila zbog utjecaja koćarenja. Unatoč zabrani koćarenja na dubinama ispod 1000 m u Sredozemnom moru koju je donijelo Opće povjerenstvo za ribarstvo Mediterana (GFCM) kako bi se zaštitila bentoska staništa, učinkovitost ove mjere još uvijek je nepoznata (FAO, 2016). Problem koji se javlja uz tu zabranu je što u Sredozemnom moru postoji veliki broj koraljnih vrsta koje žive pliće i ostaju nezaštićene. To uključuje tzv. koraljne vrtove koje stvaraju žarnjaci *Isidella elongata* i *Funiculina quadrangularis* (Rogers i sur., 2010), ali i druge organizme koji tvore morska staništa kao što su stapčari i ramenonošci.

Osim utjecaja ribarenja, vidljiv je antropogeni utjecaj u smislu zagađenja i odlaganja otpada. Istraživanje provedeno u jednom od kanjona u Napuljskom zaljevu (Taviani i sur., 2019) pokazalo je prisutnost velike količine krupnog otpada i plastike na dnu dubokog mora (Slika 7A, C), te odbačenih ribarskih mreža i parangala (Slika 7B, D). Velik broj parangala pronađen je zapetljan u supstrat, odnosno morsko dno, često blizu kolonija dubokomorskih koralja i školjkaša. Parangali su također poslužili nekim vrstama žarnjaka kao mjesto prihvaćanja, uključujući vrste *Madrepora oculata* i *Desmophyllum dianthus*. (Slika 7B, D). Veliki broj ilegalno odbačenih vreća za smeće na nekim mjestima prekriva čitavo morsko dno. (Slika 7C).

Velika prijetnja zajednicama dubokomorskih koralja je i postavljanje telekomunikacijskih kablova i cijevi povezanih s eksploatacijom nafte i plina iz podmorja. S obzirom da su u plićim dijelovima mora kablovi i cijevi izloženi koroziji, oštećenju prilikom ribarenja i geološkim nestabilnostima, često se polažu na morsko dno u dubinama ispod 1500 metara. Postavljanje kablova dovodi do resuspendiranja sedimenta na morskom dnu (Freiwald, 2004), što može dovesti do „gušenja“ koralja koji žive u blizini. Prilikom polaganja cijevi na morsko dno, koriste se masivna i teška sidra koja se pomiču naprijed-nazad i mogu fizički oštetiti staništa ne samo koralja, nego i drugih organizama.



Slika 7. Makroskopski antropogeni učinci u kanjonu Dohrn: otpad i izgubljena ribarska oprema. (A) odbačeni madrac i plastična vrećica; (B) kolonija *Madrepora oculata* raste na odbačenom parangalu; (C) nakupina odbačenih vreća za smeće i drugog plastičnog materijala na morskom dnu; (D) ribarska mreža na kojoj raste *Desmophyllum dianthus*. Preuzeto i prilagođeno iz Taviani i sur., 2019.

Koralji se također eksploatiraju na taj način da ih se vadi iz mora i njima trguje. Danas se u svijetu trguje s oko 140 vrsta kamenih koralja i godišnje se distribuira između 11 i 12 milijuna organizama. Većinom se trguje plitkomorskim tropskim koraljima, no u Sredozemnom moru masovno se vadi crveni koralj (*Corallium rubrum*) i iz dubljih područja zbog trgovine i prodaje (Freiwald, 2004). Veliki problem, osim toga da se koralji ilegalno izuzimaju iz staništa i prodaju, je oprema koja se koristi pri vađenju jer ona uništava ne samo staništa koralja, nego i drugih organizama.

6. LITERATURA

- Aguilar, R., & Marín, P. (2013). Mediterranean deep-sea corals: reasons for protection under the Barcelona Convention. *Oceana*, Madrid
- Angeletti, L., Taviani, M., Canese, S., Fogliani, F., Mastrototaro, F., Argnani, A., Trincardi, F., Bakran-Petricioli, T., Ceregato, A., Chimienti, G., Mačić, V. & Poliseno A. (2014). New deep-water cnidarian sites in the southern Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*, 15(2), 263-273.
- Bo, M., Bertolino, M., Bavestrello, G., Canese, S., Giusti, M., Angiolillo, M., Pansini, M. & Taviani, M. (2012). Role of deep sponge grounds in the Mediterranean Sea: a case study in southern Italy. *Hydrobiologia*, 687(1), 163-177.
- Capezzuto, F., Ancona, F., Carlucci, R., Carluccio, A., Cornacchia, L., Maiorano, P., Ricci, P., Sion, L., Tursi, A. & D'Onghia, G. (2018). Cold-water coral communities in the Central Mediterranean: aspects on megafauna diversity, fishery resources and conservation perspectives. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 29(3), 589-597.
- Castro, P., & Huber, M. E. (1997). *Marine Biology*. WCB/McGraw-Hill, New York
- Civile, D., Lodolo, E., Tortorici, L., Lanzafame, G. & Brancolini, G. (2008). Relationships between magmatism and tectonics in a continental rift: the Pantelleria Island region (Sicily Channel, Italy). *Marine Geology*, 251(1-2), 32-46.
- D'Onghia, G., Maiorano, P., Sion, L., Giove, A., Capezzuto, F., Carlucci, R. & Tursi, A. (2010). Effects of deep-water coral banks on the abundance and size structure of the megafauna in the Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(5-6), 397-411.
- FAO (2016). *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. General Fisheries Commission for the Mediterranean*
- Freiwald, A., Beuck, L., Rüggeberg, A., Taviani, M., Hebbeln, D. & R/V Meteor Cruise M70-1 Participants. (2009). The white coral community in the central Mediterranean Sea revealed by ROV surveys. *Oceanography*, 22(1), 58-74.
- Freiwald, A., Fossa, J. H., Grehan, A., Koslow, T. & Roberts, J. M. (2004). Cold water coral reefs: out of sight - no longer out of mind. UNEP – WCMC, Cambridge
- Lauria, V., Garofalo, G., Fiorentino, F., Massi, D., Milisenda, G., Piraino, S., Russo, T. & Gristina, M. (2017). Species distribution models of two critically endangered deep-sea octocorals reveal fishing impacts on vulnerable marine ecosystems in central Mediterranean Sea. *Scientific reports*, 7(1), 8049.
- Mastrototaro, F., D'Onghia, G., Corriero, G., Matarrese, A., Maiorano, P., Panetta, P., Gherardi, M., Longo, C., Rosso, A., Sciuto, F., Sanfilippo, R., Gravili, C., Boero, F., Taviani, M. & Tursi, A. (2010). Biodiversity of the white coral bank off Cape Santa Maria di Leuca (Mediterranean Sea): An update. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(5-6), 412-430.
- Nybakken, J. W. (2001). *Marine biology: an ecological approach* (Vol. 5). Benjamin Cummings, San Francisco
- Rogers, A. D. & Gianni, M. (2010). The Implementation of UNGA Resolutions. 61/105 and 64/72 in the management of Deep-Sea fisheries on the high Seas. *Report prepared for the deep-sea conservation coalition*
- Rogers, A.D. (1999). The biology of *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758) and other deepwater reef-forming corals and impacts from human activities. *Hydrobiologia*, 84, 315–406.
- Sanfilippo, R., Vertino, A., Rosso, A., Beuck, L., Freiwald, A. & Taviani, M. (2013). *Serpula* aggregates and their role in deep-sea coral communities in the southern Adriatic Sea. *Facies*, 59(4), 663-677.

- Schembri, P., Dimech, M., Camilleri, M. & Page, R. (2007). Living deep-water *Lophelia* and *Madrepora* corals in Maltese waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea). *Cahiers de Biologie Marine*, 48(1), 77.
- Talley, L. D. (2011). *Descriptive physical oceanography: an introduction*. Academic press.
- Taviani, M., Angeletti, L., Cardone, F., Montagna, P. & Danovaro, R. (2019). A unique and threatened deep water coral-bivalve biotope new to the Mediterranean Sea offshore the Naples megalopolis. *Scientific reports*, 9(1), 3411.
- Truver, S. C. (1980). *The Strait of Gibraltar and the Mediterranean* (Vol. 4). Martinus Nijhoff Publishers.
- Turchetto, M., Boldrin, A., Langone, L., Miserocchi, S., Tesi, T. & Foglini, F. (2007). Particle transport in the Bari canyon (southern Adriatic Sea). *Marine Geology*, 246(2-4), 231-247.
- Vilibić, I. & Orlić, M. (2002). Adriatic water masses, their rates of formation and transport through the Otranto Strait. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49(8), 1321-1340.
- Wainwright, S.A. & Koehl, M.A.R. (1976). The nature of flow and the reaction of benthic cnidaria to it. U: Mackie G.O. (Ur.) *Coelenterate Ecology and Behavior*, Plenum Publishing Corporation. str. 5-21.
- Zibrowius, H. (1980). Les Scléactiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*, 11, 1-227.

https://www.researchgate.net/figure/Division-of-the-marine-environment_fig2_302285392

7. SAŽETAK

Dubokomorski okoliš donedavno je bio neistražen i čovjeku gotovo nepoznat, no u posljednjih nekoliko desetljeća krenula su detaljnija istraživanja zahvaljujući razvoju novih tehnologija. Velik dio raznolikosti toga okoliša na čvrstoj podlozi čine dubokomorski koralji. Oni u dubinama formiraju kompleksna trodimenzionalna staništa koja su sklonište, hranilište i rastilište mnogih drugih organizama, nekih čak i komercijalno važnih. Znanstvenici su u Sredozemnom moru otkrili niz lokacija na kojima su zajednice dubokomorskih koralja vrlo dobro razvijene.

U ovom radu predstavljen je kratak pregled tri najvažnija sredozemna područja s zajednicama dubokomorskih koralja: Sicilijski kanal, Santa Maria di Leuca u Jonskom moru te južni dio Jadranskog mora. Na tim staništima prevladavaju dubokomorski kameni koralji u suživotu s mnogobrojnim vrstama drugih organizama. Ove su dugoživuće i spororastuće zajednice izrazito osjetljive na okolišne promjene uzrokovane čovjekovim djelatnostima te su zato i krajnje ugrožene.

8. SUMMARY

Until recently, deep sea environment was unexplored and almost unknown to man, but in the past few decades detailed research has begun due to development of new technologies. A great part of biodiversity of that environment on the hard substrata refers to deep sea corals. In the deep, they create complex three-dimensional habitats, which provide shelter, food and nursery ground to many other organisms, some even commercially important. The scientists discovered a number of locations in the Mediterranean Sea where deep sea coral communities are very well developed.

In this paper, three most important Mediterranean areas with deep sea coral communities are presented: Sicily channel, Santa Maria di Leuca in the Ionian Sea and the southern part of the Adriatic Sea. These habitats are dominated by deep-sea scleractinian (stony) corals living side-by-side with numerous species of other organisms. Those long-living and slow-growing communities are very sensitive to environmental changes caused by human activities and therefore they are extremely endangered.