

# Algni vijenci kao biološki indikatori srednje razine mora

---

Pipinić, Karolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:505395>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

**ALGNI VIJENCI KAO BIOLOŠKI INDIKATORI SREDNJE RAZINE MORA**  
(Algal rims as biological mean sea level indicators)

Završni rad

Karolina Pipinić  
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu  
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)  
Mentorica: izv. prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Zagreb, 2021.

Ovaj završni rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod voditeljstvom mentorice izv. prof. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli.

## SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. Srednja razina mora	3
3. Indikatori srednje razine mora	3
3.1. Arheološki nalazi	3
3.2. Geomorfološki indikatori - plimne potkapine	4
4. Biološki indikatori srednje razine mora	5
4.1. Očuvanje biomaterijala litorala s obzirom na brzinu promjene srednje razine mora	6
4.2. Vermetidi (Gastropoda)	7
4.3. Školjkaši (Bivalvia)	8
4.4. Brumbuljci (Crustacea)	9
4.5. Koralji (Cnidaria)	9
5. Algni vijenci kao biološki indikatori srednje razine mora	10
5.1. Sistematika <i>Lithophyllum byssoides</i> (Lamarck, 1900)	11
5.2. Morfologija talusa alge	12
5.3. Datiranje algnih vijenaca	14
5.4. Promjene srednje razine mora na Jadranu	16
5.5. Praćenje stanja algnih vijenaca i povezanost s klimatskim promjenama	18
6. ZAKLJUČAK	20
7. LITERATURA	21
8. SAŽETAK	24
9. SUMMARY	25
10. ŽIVOTOPIS	26

## 1. Uvod

Istraživanje srednje razine mora (mean sea level tj. MSL) nije novost u morskoj biologiji i geologiji, ali je svakako pristup takvom istraživanju tijekom godina promijenjen. Nekada deskriptivni pristup ovoj problematici, danas je sve većom točnošću radiometrijskih analiza, zamijenjen multidisciplinarnim, te obuhvaća znanja mnogih grana prirodnih, ali i društvenih znanosti – geologije, biologije, kemije, geomorfologije, arheologije i arhitekture (Faivre i sur. 2010, 2012, 2013, 2019a, 2019b, 2021; Laborel i Laborel-Deguen, 1994, 1996; Laborel i sur., 1994). Kada se govori o istraživanjima srednje razine mora primarno se govori o njezinoj promijeni. Za datiranje takve promjene potrebno je pronaći odgovarajuće indikatore koji mogu biti podvrgnuti metodama datiranja i dati konkretne i što točnije podatke.

Kao indikatori prvo su korišteni arheološki nalazi (Faivre i sur., 2010; Morhange i Marriner, 2015) te geomorfološki indikatori – plimne potkapine (Faivre i sur., 2010, 2013, 2019a, 2019b, 2021). Međutim ove vrste indikatora nije moguće točno datirati, te se danas sve više koriste oni biološki (bioindikatori).

Biološki indikatori su vrste, koje imaju usku ekološku valenciju za neki abiotički čimbenik te zato mogu biti korištene za prepoznavanje, praćenje i datiranje promjena koje se događaju kad se taj čimbenik mijenja (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Kao biološki indikatori srednje razine mora koriste se recentni i fosilni litoralni organizmi. Litoral (koji predstavlja morsku stepenicu do 200 m dubine) podijeljen je na supralitoral, mediolitoral, infralitoral i cirkalitoral (Bakran-Petricioli, 2007). Svaku od zona nastanjuju specifične zajednice. Najznačajnija stepenica litorala pri istraživanju srednje razine mora u Sredozemlju je mediolitoral koji obuhvaća pojas plime i oseke (Bakran-Petricioli, 2007). Karakterizira ga veća bioraznolikost u odnosu na infralitoral (Laborel i Laborel-Deguen, 1996), te istovremena biokonstrukcija i bioerozija.

Najvažniji biokonstruktor u toj stepenici je koraligenska alga *Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900), čiji se fosilni i recentni vijenci koriste za određivanje srednje razine mora holocena (Faivre i sur., 2010, 2013, 2019a, 2019b, 2021; Laborel i Laborel-Deguen, 1996; Laborel i sur., 1994), ali i pleistocena (Sechi i sur., 2018, 2020). Navedena crvena alga ugrađuje kalcijev karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) u talus zbog čega je izrazito povoljna za datiranje i teško erodira zahvaljujući cementiranoj unutrašnjosti. Uski vertikalni raspon od 30 do 50 cm, te protezanje do malo iznad srednje razine mora čine vijence koje je izgradio *Lithophyllum byssoides* izvrsnim bioindikatorima srednje razine mora s velikom točnošću od  $\pm 10$  cm

(Laborel i Laborel-Deguen, 1994). Osim kao indikatori stabilne morske razine ili njezinog sporog rasta, *L. byssoïdes* se koristi i kao indikator kvalitetne obalne vode (Verlaque, 2010).

Usporedbom recentnih vijenaca i onih fosilnih može se prepoznati nekoliko mogućih događaja: izdizanje kopna (koje može biti sporo ili naglo tj. koseizmično) što za posljedicu ima pad razine vode, spuštanje kopna čime se stepenice litorala (i srednja razina mora) posljedično izdižu te posljednji slučaj stagnacije morske razine.

Međutim bioindikator poput koraligene alge *Lithophyllum byssoïdes* zbog njihovog fiksnog položaja malo iznad srednje razine mora odlični su pokazatelji i promjene klime jer ona korespondira promijeni razine mora (Faivre i sur., 2012, 2019a, 2019b). S obzirom na sve izraženije promjene klime ubrzane ljudskim djelovanjem, proučavanje algnih vijenaca dovodi i do mnogih saznanja koja mogu koristiti u predviđanju promjena na gusto naseljenim morskim obalama poput one na Mediteranu i Jadranu (Faivre, i sur., 2019a).

Na obalama Mediteranskog mora, ali i Jadranskog, provedeno je mnogo istraživanja vijenaca koje je izgradila alga *L. byssoïdes* (Faivre i sur. 2013, 2019a, 2019b, 2021; Laborel i Laborel-Deguen, 1994, 1996; Laborel i sur., 1994; Sechi i sur., 2018, 2020) te radiokarbonskih datiranja, što je dovelo do konkretnih rezultata koji se mogu direktno povezati s promjenom klime (Faivre i sur., 2012, 2019a, 2019b). U ovom radu tako će biti riječ o studijama algnih vijenaca na Jadranu provedenih u Istri (Faivre i sur., 2019a), na Viškom arhipelagu (Faivre i sur., 2010, 2013) i otoku Lopudu (Faivre i sur., 2021).

## 2. Srednja razina mora

Razina mora konstantno se mijenja kao rezultat plime i oseke, međudjelovanja atmosfere i mora, kao rezultat promjene morskih struja i sastava morske vode te kao posljedica tektonskih pomaka i klimatskih promjena. Promjena razine mora, odnosno srednje razine mora, danas se sve više spominje paralelno sa sve češćim znanstvenim diskursom o klimatskim promjenama. Trenutna, globalna i lokalna, razina mora određuje se najčešće mareografskim te satelitskim mjerenjima, ali paleorazinu mora nije moguće izmjeriti na taj način pa se za takva mjerenja koriste različiti indikatori srednje razine mora.

## 3. Indikatori srednje razine mora

Za određivanje promjene srednje razine mora tijekom prošlosti, moguće je koristiti razne arheološke nalaze, geomorfološke strukture, ali i mnoge životinjske i biljne vrste koje žive ili su živjele u tom pojasu.

### 3.1. Arheološki nalazi

Mediteran je izrazito bogat arheološkim nalazima zbog duge povijesti naseljavanja tog prostora. Zbog naseljavanja obale Sredozemnog mora moguće je mnoge danas preplavljene građevine koristiti kao indikatore. Za datiranje koriste se objekti najčešće iz razdoblja antike (do zadnjih 3000 godina), koji su izravno vezani uz obalu (Morhange i Marriner, 2015). Takvi objekti mogu biti rive i dokovi, solane, valobrani, ribnjaci (daju najtočnije rezultate, slika 1), pristaništa i sl. Međutim problem u datiranju predstavlja usporedba vertikalnog položaja nalaza s današnjim objektima koji ne moraju arhitektonski odgovarati nekadašnjima (Morhange i Marriner, 2015). Stoga se arheološki indikatori koriste paralelno s fiksnim biološkim i geomorfološkim, koje je moguće točnije datirati, te zatim s obzirom na položaj, usporediti kako bi dobili preciznije podatke (Faivre i sur., 2010; Morhange i Marriner, 2015).

Pri korištenju arheoloških indikatora od velike je važnosti u obzir uzeti i vrijeme konstrukcije, razdoblje korištenja, vrijeme napuštanja objekta i razdoblje destrukcije, a takve podatke nije uvijek najlakše dokučiti (Morhange i Marriner, 2015). Također arhitektonski nalazi su skloni eroziji, što predstavlja i povoljnu i nepovoljnu pojavu. Erozija nije povoljna jer uništava materijal i može mu smanjiti funkcionalnu visinu pa se on ne nalazi na točnom mjestu koje korelira s promjenom razine mora; ali erozija može biti i povoljna jer često životinjske vrste (*Cliona* sp., *Lithophaga* sp., brumbuljci, vermetidi i sl.) erodiraju objekte pa se njihove strukture mogu datirati i dati točnije rezultate od udaljenijih bioindikatora koji se koriste za usporedbu (Morhange i Marriner, 2015).



**Slika 1.** Antički ribnjak na Cipru korišten kao indikator promjene razine mora (iz Harvard Magazine, 2016.)

### **3.2. Geomorfološki indikatori - plimne potkapine**

Geomorfološki indikatori koji se koriste kao indikatori srednje razine mora u Mediteranu i Jadranu su plimne potkapine (slika 2), koje su veoma česte na vapnenačkoj obali poput one Jadranskog mora i vjerno reflektiraju promjene morske razine u mikrotajdalnim okolišima (Faivre i sur. 2021). Sredozemno more je mikrotajdalno more s rasponom plime od 35 cm (Faivre i sur., 2020). Mogu se koristiti i valne potkapine, žala, klifovi, morske spilje i sige (Vidić, 2016) te koraljni grebeni u tropskim morima. Plimne potkapine daleko su najbolje istražen i najčešće korišten primjer indikatora (Surić, 2009), ali kao i arheološki ne mogu se apsolutno datirati nego se koristi usporedba s biološkim indikatorima. Plimne potkapine rezultat su kemijskog, biološkog, fizičkog i mehaničkog djelovanja na obalu (Vidić, 2016). One nastaju na obali Jadrana najviše kao posljedica litoralne bioerozije organizmima koji naseljavaju pojas plime i oseke. Njihova pojava ukazuje na stabilnu relativnu morskú razinu, a ukoliko su potkapine preplavljene morem ili se nalaze iznad današnje srednje razine mora, mogu ukazivati na neke tektonske ili koseizmičke pokrete kopna (Faivre i sur., 2021). Na hrvatskoj obali su geomorfološke strukture česte i istraživane (Faivre i sur., 2010, 2013, 2019a, 2019b, 2021).

Južna obala Istre (tektonski relativno stabilan okoliš) obilježena je plimnim potkapinama na 50-80 cm ispod današnje srednje razine mora (Faivre i sur., 2019). Srednji Jadran (na primjeru Visa) obilježen je plićim potkapinama, na dubini od 20 cm (uvala Oključna) i 30 cm (uvala Parja, slika 2) ispod srednje razine mora i dubljima na 75 cm (uvala Oključna) (Faivre i sur., 2010). Na Južnom Jadranu (primjer otoka Lopuda) može se pronaći



suprotan primjer izdignutih potkapina na visini od 25-30 cm iznad današnje srednje razine mora što je pripisano seizmičkom događaju (potresu) iz 1667. godine na dubrovačkom području (Faivre i sur., 2021).



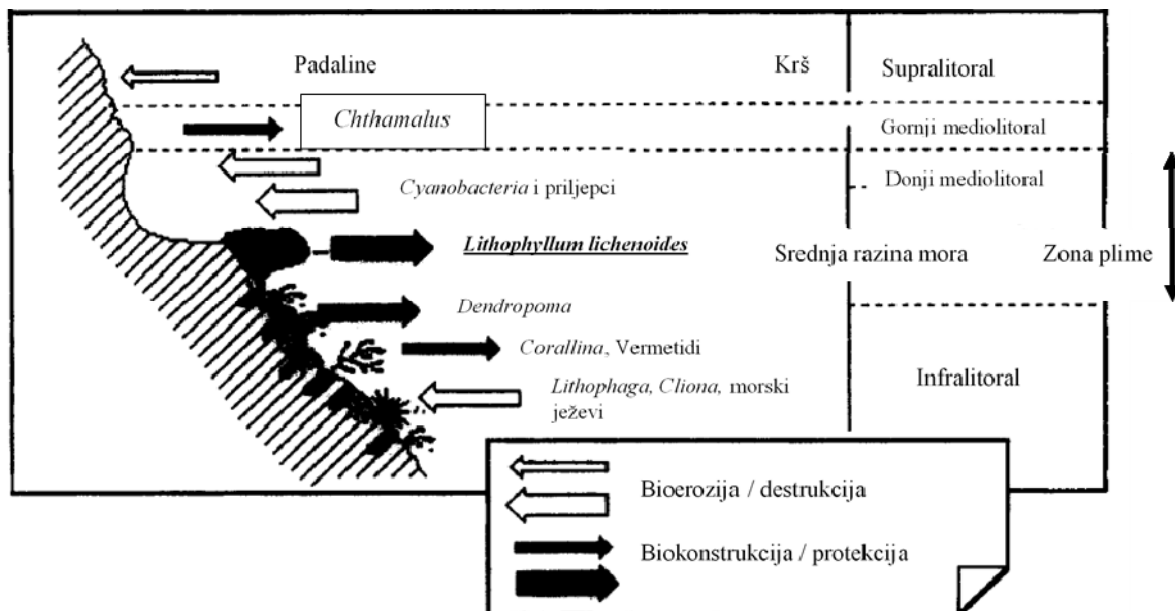
**Slika 2.** Morem preplavljena plimna potkapina u uvali Parja na otoku Visu (iz Faivre i sur., 2010).

#### **4. Biološki indikatori srednje razine mora**

Litoralna fauna zonalno je podijeljena na nekoliko pojaseva: supralitoral, mediolitoral, infralitoral i cirkalitoral (Bakran-Petricioli, 2007). Takva zonalna podjela organizama može se pronaći na čitavome Mediteranu, pa tako i duž krške obale Jadranskog mora (slika 3). S obzirom na gotovo stalnu, vertikalnu podjelu organizama, iste je moguće koristiti kao bioindikatore za mnoge parametre koji se prate duž litorala.

Biokonstruktori i vrste koje erodiraju intertajdalnu zonu najznačajniji su bioindikatori srednje razine mora. Takvi organizmi zajedno sa supstratom na/u kojemu se nalaze, mogu biti korišteni u biostratigrafskim mjerenjima jer ostaju sačuvani pri snižavanju morske razine i opiru se eroziji pri preplavlivanju (Laborel i sur., 1994). S obzirom da organizmi litorala nastanjuju točne ekološke niše, pokazuju korelaciju između promjene nekog od ekoloških čimbenika i promjene na samim organizmima (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Takvi bioindikatori koriste se u direktnim i indirektnim mjerenjima: direktna mjerenja obuhvaćaju datiranje izotopima, a indirektna se temelje na usporedbi fosilnih i recentnih fauna (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Usporedbom i proučavanjem fosilnih oblika ovih indikatora trebalo bi dobiti podatke o: (a) smjeru relativne promjene položaja obale, (b) vertikalnu amplitudu

promjene, (c) koliko je promjena oblika obale kompleksna, (d) brzinu promjene, (e) podatke o starosti biomaterijala (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Do podataka o vremenu u kojem se mijenjala srednja razina mora dolazi se mjerenjem vertikalne udaljenosti između fosilnog nalaza faune i današnjeg. Ovakva mjerenja relativno lako mogu biti provedena za vrste uskog vertikalnog raspona poput vermetida roda *Dendropoma* i alge *Lithophyllum byssoides* (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Vrste šireg vertikalnog raspona (školjkaš *Lithophaga lithophaga*, ciripedni rakovi roda *Balanus* i solitarni vermetidi) moguće je uspoređivati na ovaj način ako su fosilni analozi u korelaciji s plimnim potkapinama ili ukoliko su gornje granice oba analoga dobro istaknute (Laborel i Laborel-Deguen, 1996).



**Slika 3.** Prikaz odnosa biokonstrukcije i bioerozije na zonalnom tipu mediteranske obale (prilagođeno prema: Laborel i Laborel-Deguen, 1996, *Lithophyllum lichenoides* = *L. byssoides*).

#### 4.1. Očuvanje biomaterijala litorala s obzirom na brzinu promjene srednje razine mora

Laborel i Laborel-Deguen (1996) navode nekoliko načina promjene srednje razine mora, koji izravno utječu na očuvanje biomaterijala litorala, a time i na izgled mogućih rezultata u kasnijem datiranju navedene promjene:

a) U slučaju postepenog pada srednje razine mora (< 1 mm/god) infralitoralni organizmi bivaju uništeni, samim time i nedostupni za datiranje, te nestaju u nekoliko godina do desetljeća. Izuzetak ovakve erozije su organizmi koji grade biokonstrukcije (vermetidi,

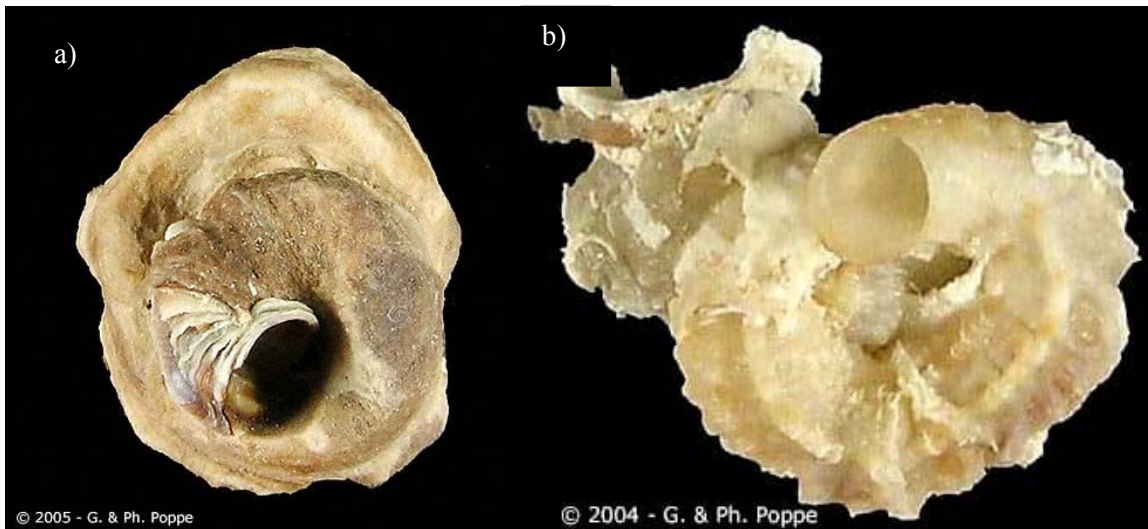
*Lithophyllum byssoides*, koralji i sl.). Ovakvi organizmi, iako nisu otporni na eroziju, puno ju bolje podnose zbog cementirane unutrašnjosti čitave strukture biokonstrukcije.

b) U slučaju brzog (naglog) izdizanja kopna, a time i organizama na njemu, kao u slučaju nekog seizmičkog događaja (dalje u tekstu je naveden primjer otoka Lopuda), organizmi uglavnom ostaju neoštećeni jer nema vremena za eroziju. Takvi izdignuti, neoštećeni organizmi izravno ukazuju na seizmički događaj. Naravno, tijekom vremena biokonstrukcije iznad morske razine podložne su eroziji zbog utjecaja kišnice.

c) Veću problematiku u datiranju donosi preplavlivanje kopna tijekom izdizanja srednje razine mora kada organizmi bivaju izloženi sve većoj infralitoralnoj bioeroziji ili bivaju obrašteni novim organizmima. Zato se u slučaju preplavlivanja, za datiranje koriste isključivo vrste s izrazito uskim vertikalnim rasponom kakav ima već spomenuta alga *Lithophyllum byssoides*. Međutim kako bi se sačuvala biokonstrukcija navedene alge, preplavlivanje mora biti sporo, jer u suprotnome ne bi bilo dovoljno vremena za izgradnju biokonstrukcije. Preplavlivanje ujedno mora biti do donje granice rasprostranjenosti navedenih organizama jer na većim dubinama oni ne mogu obitavati (Laborel i Laborel-Deguen, 1994).

#### **4.2. Vermetidi (Vermetidae)**

Vermetidi su porodica puževa (Gastropoda) koji obitavaju na granici mediolitorala i infralitorala u tropskim i subtropskim vodama (Laborel, 1986). Mogu biti solitarni (*Vermetus triquetrus* Bivona-Bernardi i *Serpulorbis arenarius* Linnaeus) i kolonijalni u asocijaciji s koraligenim algama, poput *Dendropoma cristatum* Biondi (Laborel i Laborel-Deguen, 1996) (slika 4). Strukture koje grade vermetidi koji rastu u asocijaciji s algama (koje inkrustriraju  $\text{CaCO}_3$ ) bivaju sačuvane pri promjeni razine mora jer su otpornije na eroziju. Ljuštura vermetida je aragonitna te je pogodna za izotopna datiranja (Laborel, 1986), no jako se brzo uništava mediolitoralnom i infralitoralnom erozijom (Laborel i Laborel-Deguen, 1994).



**Slika 4.** Vermetidi: a) *Dendropoma cristatum* i b) *Vermetus triquetrus* (iz Conchology, 2021).

Vermetidne biokonstrukcije se koriste kao indikatori naglog, koseizmičnog uzdizanja te polaganog uzdizanja s točnošću od 5 cm do 1 m. No osim za promjene srednje razine mora, biokonstrukcije su odlični pokazatelji promjene klime. Vermetidi kao inženjeri ekosustava grade stanište bogate bioraznolikosti, te pomažu u zaštiti od erozije obala – što ih time kvalificira za zaštitu (MedSeA, 2012). Međutim klimatskim promjenama i sve većom acidifikacijom mora ovakve biokonstrukcije sve više odumiru (pogotovo na istočnom Mediteranu), a s njima i čitava zajednica (MedSeA, 2012). Usprkos takvim spoznajama, ovoj zajednici u Mediteranskom moru nije posvećeno dovoljno pažnje (Chamello i sur., 2014).

#### 4.3. Školjkaši (Bivalvia)

Laborel i Laborel-Deguen (1994, 1996) navode školjkaše koje je moguće koristiti u istraživanju promjene srednje razine mora, a to su vrste koje buše supstrat – *Lithophaga* spp., *Coralliophaga* spp. Ovi školjkaši obitavaju od gornje granice supralitorala do dubina i preko 30 m. Navedene vrste ne žive na površini supstrata, već se mogu pronaći u rupama u kamenu. Takve bušotine predstavljaju problem za datiranje jer se ne mogu konkretno povezati s određenom srednjom razinom mora. Ljuštore prstaca i sličnih školjkaša, bivaju brzo uništene nakon smrti organizma. Tako ljuštore mogu biti sačuvane samo ukoliko su zapunjene muljem odnosno sedimentom. Još jedan problem u korištenju školjkaša kao indikatora promjene srednje razine mora, je mala masa ljuštore koja najčešće nije dovoljna za izotopna datiranja. Prstaci su usprkos navedenim poteškoćama, izvrstan indikator koseizmičkog pomicanja kopna (Laborel i Laborel-Deguen, 1996).

Na području Republike Hrvatske izlov, prodaja te bilo kakvo korištenje ili uništavanje staništa prstaca (*Lithophaga lithophaga* Linnaeus) je zabranjeno Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 114/2013).

Osim navedenih vrsta, moguće je koristiti i kamenice (*Ostrea edulis* Linnaeus). Međutim one se više koriste na području Indo-Pacifika te za Mediteran nema dovoljno podataka za ovakva istraživanja (Laborel i Laborel-Deguen, 1996).

#### **4.4. Brumbuljci (Cirripedia)**

Rakovi vitičari – brumbuljci su još jedna skupina koja se može koristiti, ukoliko nema drugih, boljih indikatora. Ovi rakovi obitavaju u zoni prskanja valova (donji supralitoral i gornji mediolitoral). S obzirom da im područje vertikalnog prostiranja varira na lokalnoj razini, a ljuštore budu lako uništene erozijom, nisu dobri indikatori (Laborel i Laborel-Deguen, 1996). Rodovi koji se koriste su: *Chthamalus*, *Elminius* i *Balanus*. Kod roda *Chthamalus* ne može se očekivati bolja točnost od  $\pm 0,5$  m do  $\pm 1$  m, a populacija može biti izdignuta ne samo izdizanjem kopna već i kao posljedica oluja, što može dovesti do krivih rezultata. Rod *Balanus* je problematičan zbog identifikacije, ali je značajan za arheološka istraživanja jer može rasti i u bočatoj vodi što pomaže pri istraživanju antičkih luka (Laborel i Laborel-Deguen, 1996).

#### **4.5. Koralji (Cnidaria)**

Koralji se primarno koriste u tropskim morima zbog njihove važnosti u izgradnji koraljnih grebena. Sredozemlje nema prave koraljne grebene, iako koralji i na Mediteranu grade grebenske strukture – ova problematika pitanje je klasifikacije koraljnih grebena.

## 5. Algni vijenci kao biološki indikatori srednje razine mora

Algni vijenci korišteni su u mnogim istraživanjima promjene srednje razine mora (Faivre i sur. 2010, 2013, 2019a, 2019b, 2021; Laborel i Laborel-Deguen, 1994, 1996; Laborel i sur., 1994; Sechi i sur, 2018, 2020). Na obalama Sredozemnog mora i SI Atlantika najznačajnija je kao biokonstruktor crvena koraligena alga *Lithophyllum byssoides* Lamarck, koja gradi algne vijence u zoni plime i oseke (slika 5).

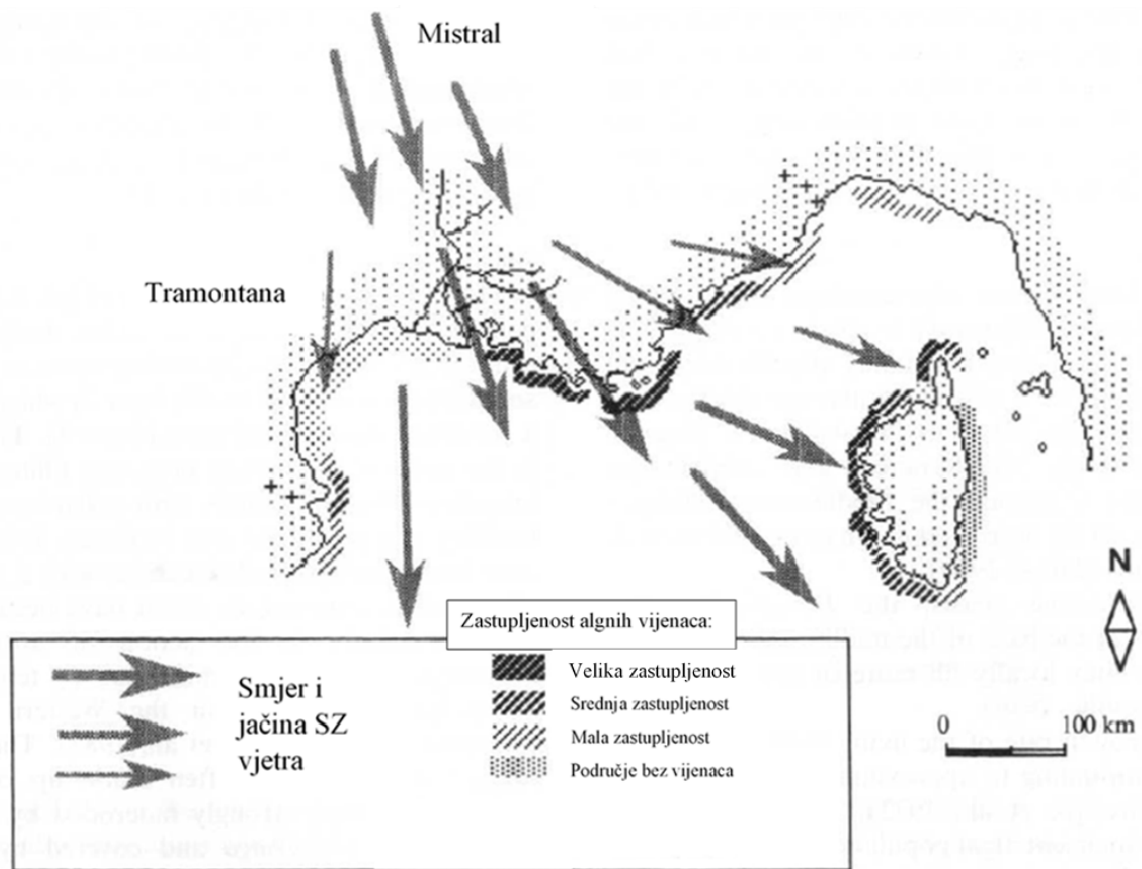
*L. byssoides* značajan je inženjer ekosustava, te svojom aktivnošću, odnosno inkrustacijom kalcijeva karbonata tvori stanište za mnoge vrste (Pezzolesi i sur., 2017). Vrste poput navedene alge, koje modifikacijom mikrokoliša mijenjaju uvjete u njemu, mijenjaju dvodimenzionalnu strukturu površine u trodimenzionalni okoliš akumulacijom raznih tjelesnih tvorbi organizama koji ondje obitavaju (Pezzolesi i sur., 2017).



**Slika 5.** Vijenac alge *Lithophyllum byssoides* u prirodnom rezervatu Scandola na Korzici (iz Verlaque, 2010).

Ova crvena alga može se koristiti kao izrazito točan indikator promjene srednje razine mora (MSL) zbog uskog vertikalnog raspona i intertajdnog položaja u kojem raste. S obzirom na uski raspon plime u Mediteranu (20-40 cm), vijenci *L. byssoides* odlično odražavaju trenutni MSL, a njihovi fosilni (izdignuti ili morem preplavljeni) ostaci, nekadašnji položaj srednje razine mora. Recentni vijenci nalaze se na trenutnoj srednjoj (biološkoj) razini mora (slika 3), točnije malo iznad te razine s rasponom od 30 do 50 cm (jedan od najužih raspona litoralne vrste na Mediteranu), unutar mediolitoralne stepenice (Laborel i Laborel-Deguen, 1994). Alga preferira sjeverno orijentirane obale ili sjenovite obale i klifove pod utjecajem valova i vjetrova (slika 6), pa se tako na sličnim staništima mogu

pronaći najveći oblici trotoara ove alge (Laborel i sur., 1994). Jedan takav aljni vijenac nalazi se u prirodnom rezervatu Scandola na Korzici (slika 5) (Verlaque, 2010).



**Slika 6.** Utjecaj sjeverozapadnih vjetrova na razvoj *L. byssoides* (prilagođeno prema: Laborel i sur., 1994).

### 5.1. Sistematika *Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900)

*Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900) važna je mediteranska crvena alga (Rhodophyta). Pripada redu Corallinales, porodici Lithophyllaceae te rodu *Lithophyllum*.

Basionim ove vrste je *Nullipora byssoides* (Lamarck), a prihvaćeno ime je *Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900). Na području Mediterana postoji mnogo sinonima za navedenu vrstu alge (poput: *Goniolithon byssoides* (Lamarck) Foslie, *Lithothamnion byssoides* (Lamarck) Philippi, *Titanoderma byssoides* (Lamarck) Y.M. Chamberlain & Woelkerling, *Lithophyllum lichenoides* Philippi i *Melobesia lichenoides* (Philippi) Endlicher), ali i mnogo krivo navođenih imena kao *Millepora tortuosa* Esper, *Lithophyllum tortuosum* (Esper) Foslie i *Tenarea tortuosa* (Esper) Lemoine (Verlaque, 2010). Pezolesi i sur. (2017) navode kako zbog nedostatka podataka DNA analize lektotipa (*Nullipora byssoides* (Lamarck)) i velike količine haplotipova, te genetičke razlike između populacija, treba svaki nalaz ove alge



tretirati kao zasebnu jedinicu. Zbog velike genetičke raznolikosti, također navode kako svaka populacija udaljena više desetaka kilometara treba biti zaštićena upravo kako se ne bi izgubila posebna vrsta koja možda još nije prepoznata zbog nedostatka analiza.

## 5.2. Morfologija talusa alge

*Lithophyllum byssoides* L. je mediolitoralna alga. Struktura alge podsjeća na jastučaste nakupine koje mogu biti dimenzija od 5 do 15 cm u promjeru i do 2 cm visine (Pezzolesi i sur., 2017). Jastučastu nakupinu tvore lamele debljine do 800  $\mu\text{m}$  (Verlaque, 2010). Recentne alge, kada su vlažne, pokazuju ružičastu boju, a kada su suhe, sivo-bijelu (slika 7) (Verlaque, 2010).



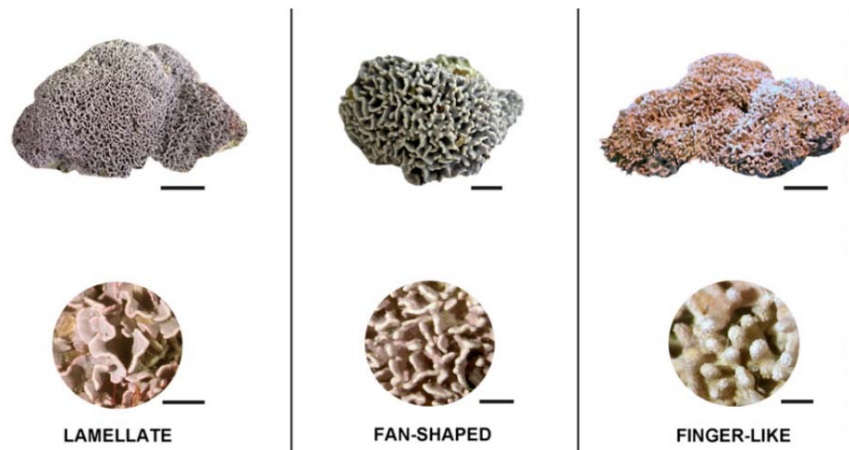
**Slika 7.** Jastučaste nakupine alge *Lithophyllum byssoides* (Vis, kolovoz 2016. godine, snimila T. Bakran-Petricioli).

Verlaque (2010) navodi rast *L. byssoides* kao brži od ostalih crvenih algi, ali rast čitavog vijenca kao veoma dug proces u trajanju od nekoliko stoljeća do tisućljeća. Mlada alga raste stopom od 1,5 mm/god., a u 3 godine može dostići i promjer od 6 cm i debljinu od 1,5 cm (Verlaque, 2010). Faivre i sur. (2013) su pokazali da alga na Visu unutar jedne godine naraste do 3 cm u promjeru. Pezzolesi i sur. (2017) navode 3 različite morfologije nakupina lamela:

- a) Lamelle koje se granaju u neprekidnim zavojima sa čitavim rubom,
- b) Lepezaste lamelle s čitavim ili urezanim rubovima, te



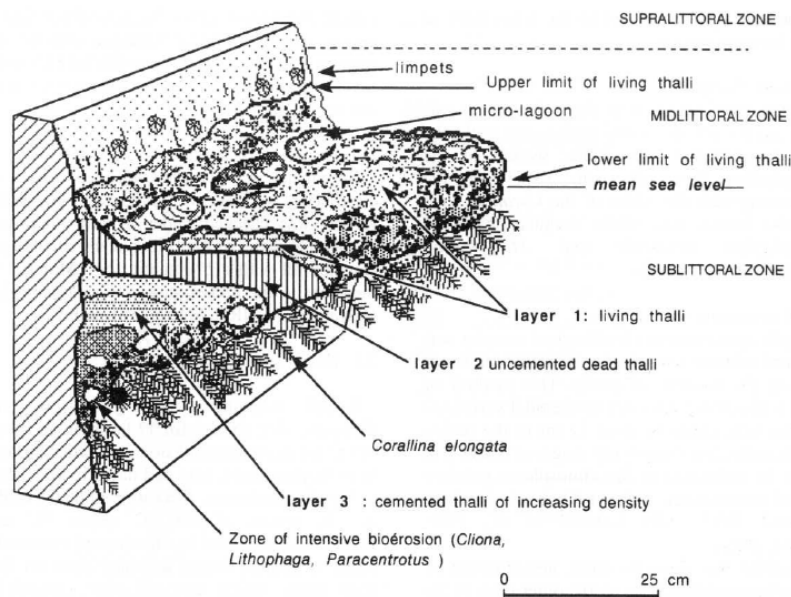
c) Prstolike grane s malim izbočinama na bazi (slika 8).



**Slika 8.** Različiti oblici položaja lamela talusa u jastučastim nakupinama alge *L. byssoides* (iz Pezolesi i sur., 2017).

Iako položaj lamela nije strogo vezan za morfologiju staništa, na jednom lokalitetu pronalazi se uglavnom jedan od oblika.

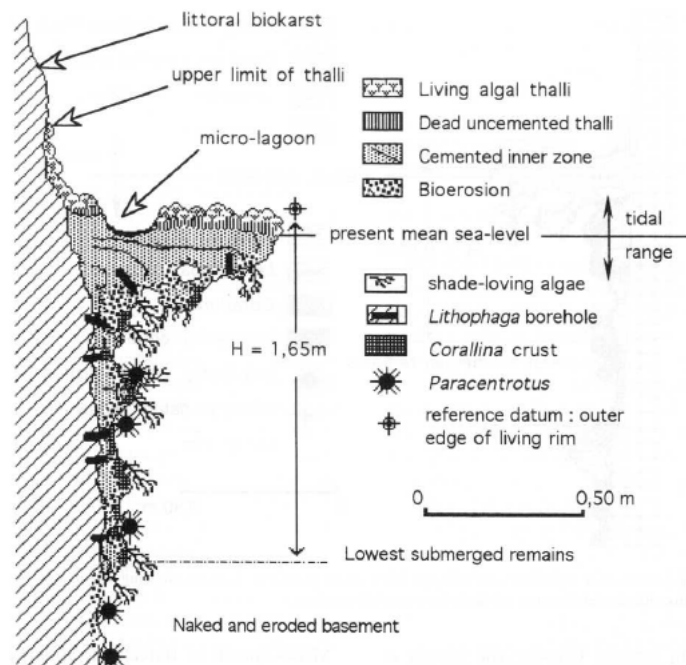
Struktura vijenca definirana je trima slojevima: a) vanjski porozni dio živih talusa, debljine nekoliko centimetara, b) srednji očvrnuti višeslojni dio sačinjen od intersticija lamela popunjenog matriksom te c) najdonji sloj već odumrlih algi, koloniziran od strane drugih organizama (slika 9) (Verlaque, 2010).



**Slika 9.** Struktura algnog vijenca kojeg gradi *Lithophyllum byssoides* (iz Laborel i sur. 1994).

### 5.3. Datiranje algnih vijenaca

Uzak raspon živih talusa *Lithophyllum byssoides* korespondira srednjoj razini mora, no prilikom uzimanja uzoraka dodatno je bilježena i trenutna razina mora s obzirom na plimu i oseku (Faivre i sur., 2013). Također prilikom uzorkovanja treba uzeti u obzir hidrodinamizam i morfologiju obale, koja nije ista na svakom njezinom dijelu, pa tako ni biološki indikatori nisu pravilne, mjerljive horizontalne linije. Zato se obavljaju dubinska mjerenja prilikom prikupljanja uzoraka. Dubinska mjerenja (eng. levelling) provode se mjerenjem visine između vanjskog ruba (područje vijenca sa živim talusima) i centra odlomljenog dijela vijenca (Laborel i sur., 1994) (slika 10). Ovakvim datiranjem na području mikrotajdalnih mora, pogreška je u rasponu od  $\pm 10$  cm (Faivre i sur., 2013).



**Slika 10.** Profil algnog vijenca s prikazom vertikalne razlike između recentnog vijenca i nižih erodiranih struktura fosilnih vijenaca (iz Laborel i sur., 1994).

Prikupljene uzorke zatim je potrebno temeljito osušiti i očistiti kako ne bi došlo do kontaminacije s drugim materijalom te imenovati. Faivre i sur. (2013) navode kako se uzorci zatim režu dijamanтном pilom.

Faivre i sur., (2013) navode dvije  $^{14}\text{C}$  metode za datiranje uzoraka: a) metoda tekućinskog scintilacijskog brojača (Liquid Scintillation Counter, LSC) odnosno metoda za mjerenje niskih koncentracija  $^{14}\text{C}$  izotopa (Barešić i sur., 2003) i b) akceleratoraska masena spektrometrija (AMS). Rezultati dobiveni radiokarbonskim datiranjem izražavaju se kao

aktivnost  $^{14}\text{C}$  odnosno postotak modernog ugljika (pMC) i u radiokarbonskim godinama BP (eng. before present) (Faivre i sur., 2013, 2019b).

Kako bi se što točnije datirao biomaterijal vijenaca potrebno je provesti korekcije za efekt rezervoara.  $^{14}\text{C}$  izotop nastaje visoko u atmosferi te oksidira u  $^{14}\text{CO}_2$ . Također osim pojavljivanja  $^{14}\text{C}$  izotopa u atmosferi, on se može pronaći u morima i morskim organizmima jer je ocean ogroman rezervoar ugljika (Faivre i sur., 2019b). Količina  $^{14}\text{C}$  izotopa u morima nije homogena, već se miješaju vode u kojima je količina izotopa različita. S obzirom na bliski kontakt površinske vode s atmosferom, ona je puno bogatija radioaktivnim ugljikovim izotopom od duboke morske vode, ali i puno siromašnija od atmosfere (Faivre i sur., 2019b). Prethodna istraživanja su navodila kako *L. byssoides* ne pokazuje efekt rezervoara (Laborel i sur., 1994). S obzirom da je navedena alga tijekom niže plime izložena atmosferskom  $\text{CO}_2$ , Faivre i sur. (2019b) proveli su istraživanje u cilju određivanja postoji li efekt rezervoara kod ove alge. U tu svrhu korištene su alge (i mekušci) muzejskih zbirki, poznate starosti, koje su sakupljene u zoni plime i oseke u razdoblju prije nuklearnih pokusa (eng. pre-bomb). U radu je određena srednja vrijednosti rezervoarne starosti za *L. byssoides* ( $R(t) = 336 \pm 45$   $^{14}\text{C}$  god.; za Jadran  $R(t) = 306 \pm 35$   $^{14}\text{C}$  god.). Rezultati datiranja su nakon toga korigirani s tom vrijednošću (Faivre i sur., 2019a).

S obzirom da su Faivre i sur. (2019b) pokazali kako alga *L. byssoides* uistinu pokazuje efekt rezervoara, daljnja istraživanja ga trebaju uzeti u obzir kako bi točnije datirali promjene srednje razine mora, te klimatske promjene tijekom holocena.

Problemi u datiranju mogu se pojaviti i zbog rupa u uzetim uzorcima koje su posljedica bušenja organizama prilikom preplavlivanja. Naime, razni organizmi litorala obitavaju na fosilnim vijencima te buše supstrat na kojem se nalaze (slika 11). Najčešće bušotine stvaraju spužve roda *Cliona*. Rupe zatim bivaju ispunjene drugim materijalom, a te ispune su drugačije starosti od strukture vijenca, te tijekom datiranja mogu dovesti do krivih rezultata što dovodi do pogrešnog tumačenja promjene srednje razine mora (Laborel i sur., 1994). Ispune rupa drugim materijalom čine jednu od najčešćih pogrešaka prilikom radiokarbonskog datiranja.



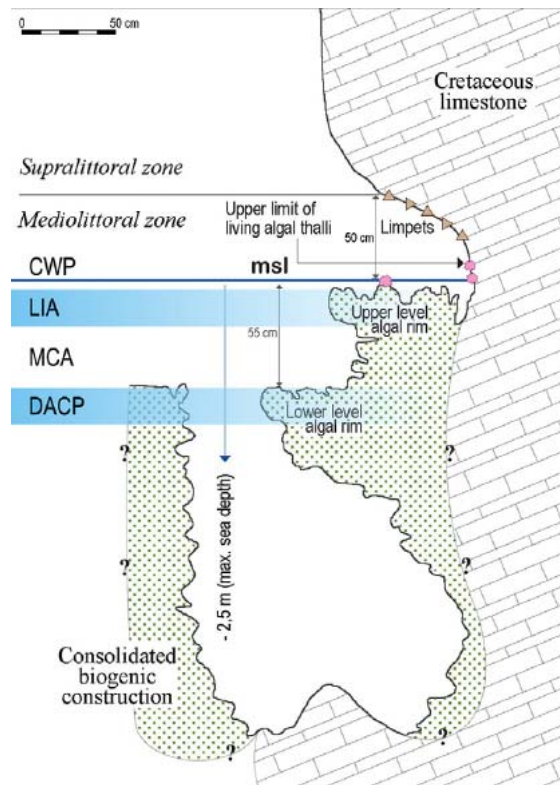
**Slika 11.** Bušotine u fosilnim vijencima prouzročene djelovanjem litoralnih bušaća, klionidnih spužvi i prstaca (iz Bakran-Petricioli i sur., 2018).

#### **5.4. Promjene srednje razine mora na Jadranu**

Istraživanja promjene srednje razine mora temeljena na istraživanju i datiranju algnih vijenaca provedena su i duž obale istočnog Jadrana (Faivre i sur. 2010, 2013, 2019a, 2019b, 2021). Mjesta detaljnih analiza su otok Vis (uz otoke Ravnik i Biševo) (Faivre i sur., 2010, 2013), jug Istre (Faivre i sur., 2019a) te otok Lopud kod Dubrovnika (Faivre i sur., 2021).

Analizom algnih vijenaca obale otoka Visa, Ravnika i Brusnika ustanovljeno je kako se razina mora podigla za  $60 \pm 10$  cm u posljednjih 1500 godina (Faivre i sur., 2013), a mijenjala se istovremeno na 3 navedena otoka tijekom 4 faze (slika 12):

- a) u razdoblju od 550 – 770 AD (DACP = Dark Ages Cold Period) razina mora je bila stabilna, a klima hladnija te je zabilježen rast vijenaca,
- b) u razdoblju od 770 – 1330 AD (MCA = Medieval Climate Anomaly) razina mora je rasla stopom od približno 0,71 mm/god,
- c) u razdoblju od 1330 – 1640 AD (LIA = Little Ice Age) klima je ponovno zahladila, a razina mora se stabilizirala te je ponovno zapažen rast vijenaca,
- d) od 1640 do danas (CWP = Current Warm Period) razina mora raste puno bržom stopom što rezultira time da alge trenutno više ne formiraju vijence.



**Slika 12.** Usporedba morfologije alnog vijenca tijekom klimatskih perioda u zadnjih 1500 godina (iz Faivre i sur., 2013).

Analiza vijenaca u Istri (na lokacijama Premanture i Brseča) pokazala je sličan slijed događaja s razlikom tijekom razdoblja od 1400 – 1750 AD (LIA). Tijekom prvog razdoblja (1400 – 1600 AD, LIA I) srednja razina mora je bila stabilna sa zabilježenim horizontalnim rastom vijenaca do širine od približno 40-80 cm. Drugo razdoblje (1600 – 1750 AD, LIA II) predstavlja nešto hladniju klimu i pad razine mora što je utjecalo na prestanak razvitka vijenaca koji su izdignuti padom razine mora. Tijekom CWP određen je rast razine mora sa stopom od približno 0,7 mm/god.

Specifičan slučaj je primjer otoka Lopuda koji se nalazi na seizmički aktivnom jugu Jadrana. Faivre i sur. (2021) su pokazali kako datiranje vijenaca *L. byssoides* može s velikom točnošću ukazati na koseizmički događaj. Naime, proučavajući promjenu srednje razine mora putem algnih vijenaca pokazalo se da izdizanje kopna/spuštanje srednje razine mora korelira s poznatim potresom iz 1667. godine s epicentrom blizu Dubrovnika. Potres je uzrokovao naglo izdizanje proučavanog alnog vijenca za  $42 \pm 10$  cm iznad srednje razine mora što je dovelo do naglog prestanka rasta algi koje se nakon seizmičkog događaja više nisu nalazile u pojasu plime i oseke nego iznad njega. Seizmotektonički procesi rezultirali su time da je 1 kilometar obale Lopuda izdignut za  $25-35 \pm 10$  cm iznad srednje razine mora (Faivre i sur., 2021).

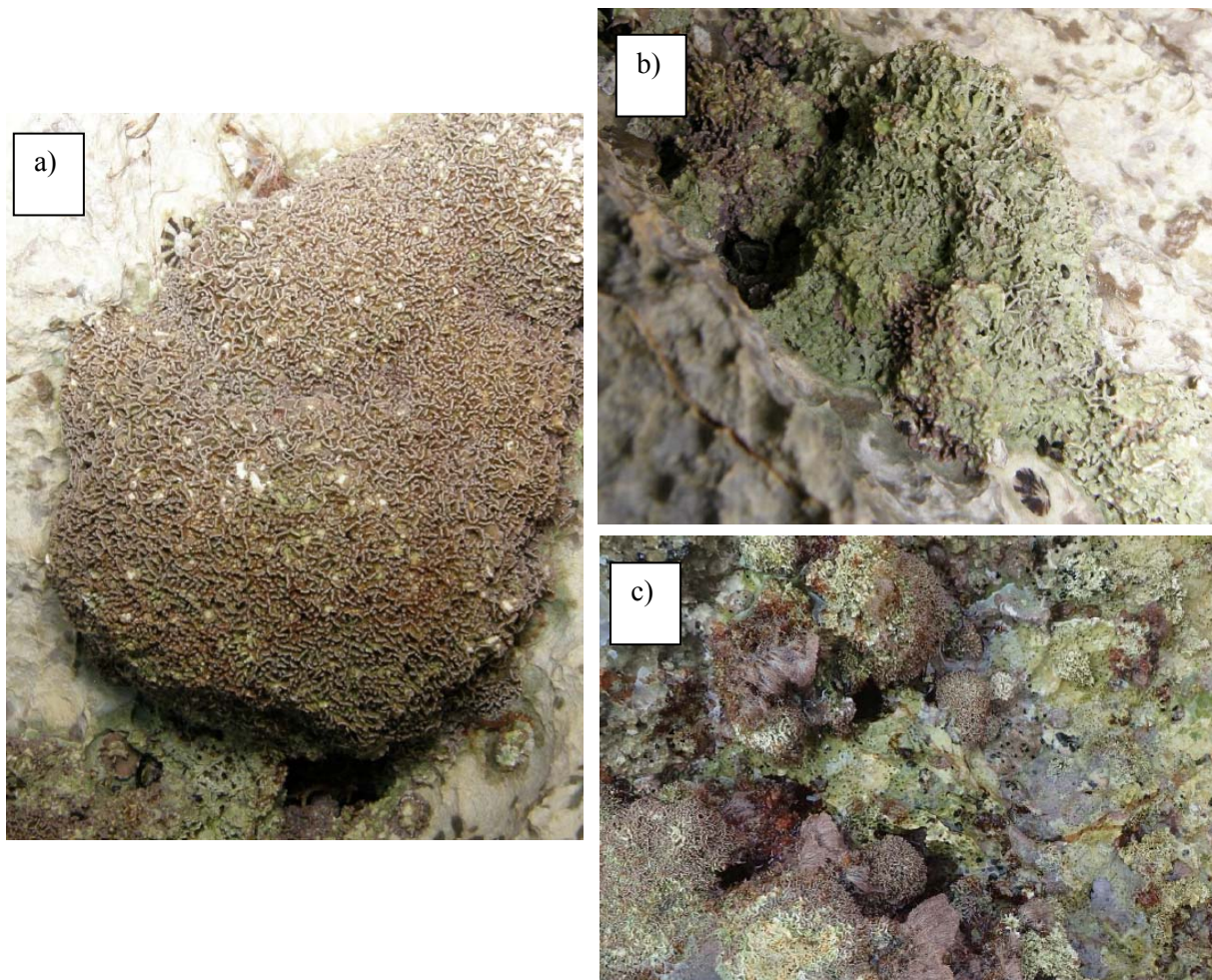
## 5.5. Praćenje stanja algnih vijenaca i povezanost s klimatskim promjenama

Stanje algnih vijenaca mijenja se s obzirom na promjenu srednje razine mora tijekom stoljeća i tisućljeća. Stanje se mijenja i u kraćim vremenskim periodima s promjenom biotičkih i abiotičkih čimbenika poput temperature, svjetlosti i struje vode (Verlaque, 2010). Uzorkovanje/praćenje *L. byssoides* zato je najbolje tijekom jeseni kada se lako mogu razlikovati živi dijelovi vijenca od onih odumrlih. Tada su živi slojevi ružičaste boje i lako je odrediti granicu (Verlaque, 2010). Ljeto je najlošije razdoblje za analize jer su vijenci izloženi Sunčevoj svjetlosti i visokim temperaturama, te bivaju izbijeljeni i osušeni pa je nemoguće napraviti razliku između živih i neživih dijelova. Tijekom zime problem su često veliki valovi što čini gotovo nemogućim provoditi bilo kakve analize (Verlaque, 2010).

Na stanje, osim promjene ekoloških čimbenika utječu i polutanti kojih u obalnim vodama ima sve više rastom turizma na Mediteranu. Verlaque (2010) tako navodi da su na području prirodnog rezervata Scandola odumrli dijelovi vijenaca obrasli velikom količinom algi tijekom proljeća, a mnogi dijelovi bili su odlomljeni ili oštećeni zbog utjecaja turističkih brodova. Metode kojima se može učinkovito pratiti stanje su: a) kontinuirano fotografiranje vijenaca, b) metoda nasumičnih kvadrata i c) metoda presjeka slučajnih linija (Verlaque, 2010). Najjednostavnija je svakako metoda fotografije.

Stanje alge *L. byssoides* i njenih biokonstrukcija praćeno je i na području Hrvatske na otoku Visu u sklopu HRZZ projekta REQUENCRIM (Bakran-Petricioli i sur, 2018). Tijekom preliminarnog praćenja od jedne godine ustanovljeno je kako je 7 od 15 odabranih talusa alge bilo u potpunosti erodirano, 5 su bili djelomično, a samo 3 talusa bila su u dobrom stanju. Stanje čitavih vijenaca praćeno je na Visu (rujan 2014., lipanj 2015. i kolovoz 2017.) i Dugom otoku (srpanj 2015.) (Bakran-Petricioli i sur., 2018.). Na obje biokonstrukcije uočeni su živi talusi samo na gornjem rubu vijenca, neki od njih su bili djelomice ili potpuno erodirani, a neki su već bili prekriveni drugim, uglavnom mekanim algama (slika 13).





**Slika 13.** Alga *Lithophyllum byssoides* a) živi talus, b) potpuno erodirani talus, c) talus prekriven mekanim algama (iz Bakran-Petricioli i sur., 2018).

Prateći stanje algnih vijenaca zaštićene vrste *Lithophyllum byssoides* na Jadranu, utvrđeno je kako danas alge rastu na gornjem rubu već postojećih vijenaca, ali ne formiraju nove vijence. Razlog tome je sve veći rast temperature i razine mora. Kako bi alge formirale vijenac potreban je duži period stabilne morske razine (Verlaque, 2010, Faivre i sur., 2013), a da nastanu izraženiji aljni vijenci bilo je potrebno i nekoliko stotina godina. Alge najbolje izgledaju tijekom hladnijeg dijela godine što izravno ukazuje na njihovu ugroženost sve većim zagrijavanjem mora. Klimatske promjene djeluju na mnoge biokonstrukcije (poput koraljnih grebena i ranije spomenutih vermetidnih grebena), pa tako i na formiranje algnih vijenaca. Zagrijavanje i prebrzo podizanje razine mora dovodi do toga da na biokonstrukcijama vrste *Lithophyllum byssoides* u Jadranu dominiraju procesi biodegradacije (Faivre i sur., 2013).

## 6. ZAKLJUČAK

Mediolitoralna koralinska alga *Lithophyllum byssoides* je zbog svog uskog vertikalnog raspona rasta jedan je od najtočnijih indikatora promjene srednje razine mora, s pogreškom od  $\pm 10$  cm. Alga najbolje raste u čistom moru, na sjenovitim i strmim obalama Sredozemnog pa tako i Jadranskog mora, koje su pod utjecajem vjetra i valova. Izotopni sastav alge i njenih biokonstrukcija pokazuje odličnu korelaciju između promjene u rastu vijenaca s promjenom klime pa se tako iz fosilnih algnih vijenaca može zaključivati i o paleoklimi. Sredozemno more je jedno od najugroženijih mora zbog utjecaja sve izraženijih klimatskih promjena pa su tako ugrožene i njegove životne zajednice između kojih i biokonstrukcije alge *L. byssoides*.

Biološki indikatori srednje razine mora poput *Lithophyllum byssoides* mogu se koristiti u datiranju postepenih promjena srednje razine mora, ali i onih koseizmičkih i naglih. Oni isto tako odlično nadopunjavaju rezultate istraživanja arheoloških i geomorfoloških indikatora srednje razine mora.

Uz nominalnu zakonsku zaštitu bilo bi važno implementirati praćenje stanja algnih vijenaca duž Jadranske obale jer jednako kako ove biokonstrukcije ukazuju na paleopromjene, mogu ukazivati i na važne promjene klime danas i njezino bolje razumijevanje. Pažnja koja se u tropskim morima pridaje nestajanju koraljnih grebena, trebala bi biti posvećena i vijencima *L. byssoides*.



## 7. LITERATURA

Bakran-Petricioli, T. 2007. Morska staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. 1. izdanje. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Bakran-Petricioli, T., Faivre, S., Petricioli, D. 2018. Praćenje stanja algnih vijenaca u Hrvatskoj. U: (Krajcar Bronić, I., urednica) Zbornik sažetaka, Završni skup HRZZ projekta REQUENCRIM (HRZZ-IP-2013-11-1623 REQUENCRIM) (12. studeni 2018.), Institut Ruđer Bošković, Zagreb, str. 29-30.

Barešić, J., Krajcar Bronić, I., Horvatinčić, N., Obelić, B. 2003. Mjerenje niskih  $^{14}\text{C}$  aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije  $\text{CO}_2$ . U: (Krajcar Bronić, I., Miljanić, S., Obelić, B., urednici) Zbornik radova, V. simpozij Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja HDZZ (Stubičke Toplice, 9. – 11. travnja 2003.), Hrvatsko društvo za zaštitu od zračenja, Zagreb, str. 267-272.

Blanfuné, A., Boudouresque, C.F., Thibaut, T., Verlaque, M. 2016. Sub-chapter 2.2.3. The sea level rise and the collapse of a Mediterranean ecosystem, the *Lithophyllum byssoides* algal rim. U: Moatti, J., Thiébaud, S. (urednici), The Mediterranean region under climate change: A scientific update. IRD Éditions. doi:10.4000/books.irdeditions.23472

Chamello, R., Giacalone, A., La Marca, E. C., Templado, J., Milazzo, M. 2014. Distribution and conservation needs of a neglected ecosystem: the Mediterranean vermetid reef. Zbornik radova, 2<sup>nd</sup> Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous and other Calcareous Bio-Concretions (Portorož, Slovenija, 29. – 30. listopada 2014.), str. 203 – 204.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N. 2010. Relative sea-level change during the late Holocene on the island of Vis (Croatia) – Issa harbor archaeological site. *Geodinamica Acta* 23/5-6, 209-223.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N., Sironić, A. 2013. Distinct phases of relative sea level changes in the central Adriatic during the last 1500 years – influence of climatic variations? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 369, 163-174.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J., Horvatić, D., Macario, K. 2019a. Relative sea-level change and climate change in the Northeastern Adriatic during the last 1.5 ka (Istria, Croatia). *Quaternary Science Reviews* 222, 105909. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105909>

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J., Morhange, C., Borković, D. 2019b. Marine radiocarbon reservoir age of the coralline intertidal alga *Lithophyllum byssoides* in the Mediterranean. *Quaternary Geochronology* 51, 15-23.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J., Horvatić, D. 2021. *Lithophyllum* rims as biological markers for constraining palaeoseismic events and relative sea-level variations

- during the last 3.3 ka on Lopud Island, southern Adriatic, Croatia. *Global and Planetary Change* 202, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103517>
- Ingrosso, G., Abbiati, M., Badalamenti, F., i sur. 2018. Mediterranean Bioconstructions Along the Italian Coast. *Advances in Marine Biology* 79, 61-136.
- Laborel, J. 1986. Vermetid gastropods as sea-level indicators. U: *Sea-Level Research*. Springer, Dordrecht. str. 281-310. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4215-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4215-8_10)
- Laborel, J., Laborel-Deguen, F. 1994. Biological indicators of relative sea-level variations and of co-seismic displacement in the Mediterranean region. *Journal of Coastal Research* 10 (2), 395-415.
- Laborel, J., Laborel-Deguen, F. 1996. Biological indicators of Holocene sea-level and climatic variations on rocky coasts of tropical and subtropical regions. *Quaternary International* 31, 53-60.
- Laborel, J., Morhange, C., Lafont, R., Le Campion, J., Laborel-Deguen, F., Sartoretto, S. 1994. Biological evidence of sea-level rise during the last 4500 years on the rocky coasts of continental southwestern France and Corsica. *Marine Geology* 120, 203-223.
- MedSeA 2012. Mediterranean Vermetid reefs at extinction risk, <http://medsea-project.eu/2012/07/10/mediterranean-vermetid-reefs-at-extinction-risk/> (Pristupljeno: 25.8.2021.)
- Morhange, C., Marriner, N. 2015. Archeological and biological relative sea-level indicators. U: Shennan, I., Long, A.J., Horton, B.P. (urednici.), *Handbook of Sea-Level Research*. John Wiley & Sons, Oxford, str. 146–156.
- Narodne novine (NN), 144/2013: Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_12\\_144\\_3086.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_12_144_3086.html)(Pristupljeno: 25.8.2021.)
- Pezzolesi, L., Falace, A., Kaleb, S., Hernandez-Kantun, J.J., Cerrano, C., Rindi, F. 2017. Genetic and morphological variations in an ecosystem engineer *Lithophyllum byssoides* (Corallinales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 53, 146-160.
- Sechi, D., Andreucci, S., Pascucci, V. 2018. Intertidal Upper Pleistocene algal build-ups (Trottoir) of NW Sardinia (Italy): a tool for past sea level reconstruction. *Journal of Mediterranean Earth Sciences* 10, 167-171.
- Sechi, D., Andreucci, S., Stevens, T., Pascucci, V. 2020. Age and significance of late Pleistocene *Lithophyllum byssoides* intertidal algal ridge, NW Sardinia, Italy. *Sedimentary Geology* 400, 105618. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2020.105618>
- Surić, M. 2009. Reconstructing sea-level changes on the Eastern Adriatic Sea (Croatia) – An overview, *Geoadria* 14/2, 181-199.

Verlaque, M. 2010. Field-methods to analyze the condition of Mediterranean *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Fosile rims. *Scientific Reports of Port-Cros national Park*. 24, 185-196.

Vidić, S. (2016). Plimna potkapina kao indikator relativne promjene razine mora: primjer poluotoka Luna (otok Pag), Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, citirano: 24.08.2021., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:681796>

**Izvori za slike:**

Slika 1: Harvard Magazine, 2016: <https://www.harvardmagazine.com/2016/08/what-roman-ruins-reveal> (Pristupljeno: 24.8.2021.)

Slika 4: Conchology, 2021: <https://conchology.be/?t=261> (Pristupljeno: 25.8.2021.)

## 8. SAŽETAK

*Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900) koraligena je mediolitoralna alga, koja se javlja u pojasu plime i oseke Sredozemnog mora i SI Atlantika. U povoljnim uvjetima alga gradi vijence malo iznad srednje razine mora, a s obzirom na izrazito uski vertikalni raspon, takvi su vijenci vjerni pokazatelji, bioindikatori, promjene srednje razine mora. Algni vijenci najizraženiji su na sjenovitim i strmim, sjevernim obalama pod utjecajem valova i vjetrova. Najveći rast alge zabilježen je tijekom hladnijeg dijela godine i tijekom dužih perioda relativne stabilnosti morske razine. Algni vijenci su veoma otporni na eroziju pa izdignuti ili morem preplavljeni analozi recentnih vijenaca ukazuju na izdizanje ili spuštanje kopna, a formirani vijenci na dulje razdoblje stabilnosti. Radiokarbonskim datiranjem algnih biokonstrukcija moguće je dobiti podatke o položaju srednje razine mora u prošlosti s točnošću od  $\pm 10$  cm. Alga *L. byssoides* inženjer je ekosustava pa su njene biokonstrukcije osnova jednoj od značajnijih zajednica u Mediteranu. Globalnim zagrijavanjem, kako kopna, tako i mora, ova je zajednica ugrožena. Posljednjih godina pridaje se velika pažnja određivanju porasta razine mora kroz datiranje algnih vijenaca, no bilo bi potrebno uložiti jednako truda u monitoring njihovog stanja i zaštitu. Istraživanja su pokazala da su biokonstrukcije *L. byssoides* podložne efektu rezervoara, te da promjene u izotopnom sastavu algnih vijenaca koreliraju s promjenom klime. Vijenci se tako mogu koristiti za bolje razumijevanje klimatske varijabilnosti paleoklime, ali i za bolje razumijevanje trenutnih i budućih klimatskih promjena.

Ključne riječi: algni vijenci, bioindikatori, srednja razina mora (MSL), *Lithophyllum byssoides*, biokonstrukcije

## 9. SUMMARY

*Lithophyllum byssoides* (Lamarck, 1900) (Rhodophyta, Corallinales) is a mid-littoral alga, occurring in the tidal zone of the Mediterranean and the NE Atlantic. In favourable conditions, this alga constructs solid rims just above mean sea level, and given the extremely narrow vertical range, such bioconstructions are faithful bioindicators of mean sea level change and relative sea level stability. Algal rims are most pronounced on exposed, steep, north facing shores influenced by strong surf. The highest growth of the algal rim is recorded during the colder part of the year and during longer periods of relative sea level stability. Algal rims are resistant to erosion due to the calcified inner part of the rim, so raised or submerged analogues of recent rims indicate the submergence or emergence. Radiocarbon dating of algal bioconstructions provide precise data about former mean sea level with an accuracy of  $\pm 10$  cm. *L. byssoides* is among one of the most important ecosystem engineers in the Mediterranean. Community which its bioconstruction supports is endangered by climate change, and ocean warming. In recent years, great attention has been given to obtain data about former mean sea level by dating of the rims, but it is necessary to put the same effort into its monitoring and protection. Research has shown that bioconstructions of *L. byssoides* have reservoir effect, and that changes in algal rim isotope content correlate with climate change. Rims can thus be used for a better understanding of climatic variability of the paleoclimate, but also for a better understanding of current and future climate change.

Key words: algal rims, bioindicators, mean sea level (MSL), *Lithophyllum byssoides*, bioconstructions

## 10. ŽIVOTOPIS

Karolina Pipinić rođena je 25. 8. 1999. godine u Rijeci. Završila je osnovnu školu Rikarda Katalinića Jeretova u Opatiji 2014. godine. Prvu riječku hrvatsku gimnaziju završila je u Rijeci 2018. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu. Sa zanimanjem za biologiju mora, završni rad izrađuje pri Zoologijskom zavodu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli. Tijekom studija volontira na Noći biologije Prirodoslovno-matematičkog fakulteta te Noći muzeja Hrvatskog prirodoslovnog muzeja u Zagrebu.