

# Primarni proizvođači u moru

---

**Petrović, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:217:194825>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-29**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Ana Petrović

## **Primarni proizvođači u moru**

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Ana Petrović

**Primary producers in the sea**

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Biologija na Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom profesorice Zrinke Ljubešić.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Završni rad

## Primarni proizvođači u moru

Ana Petrović

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Primarna proizvodnja važan je proces u kojem iz anorganske tvari nastaje organska, a provode ju primarni proizvođači. Primarni proizvođači u moru su fitoplankton, makroalge i morske cvjetnice te su odgovorni za 46,2 % ukupne primarne proizvodnje. Fitoplankton, fotosintetski mikroorganizmi koji se ne mogu aktivno kretati, već lebde u vodenom stupcu čine većinom cijanobakterije, dijatomeje, dinoflagelati, kriptofiti, haptofiti i zelene alge. Makroalge su višestanični makroskopski organizmi koji žive u bentosu, a čine ih smeđe, zelene i crvene alge. Morske cvjetnice su biljke koje su se u potpunosti prilagodile životu u moru, te su važna mjesta primarne proizvodnje, ali i važna staništa za brojne vrste jer im pružaju mrijestilište, hranilište i sklonište. U Jadranskom moru možemo naći četiri morske cvjetnice: *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Zostera noltii* i *Cymodocea nodosa*. U fitoplanktonu Jadrana najveći broj vrsta su dijatomeje zatim ih slijede dinoflagelati, haptofita i krizoficeje. Sastav fitoplanktonske zajednice se kontinuirano prati, te se koriste nove metode zahvaljujući kojima se otkrivaju nove vrste, ili pak revidiraju postojeće liste. Upotrebom metabarkodiranja analizira se okolišna DNA, izoliraju se stanice i uspostavljaju kulture što daje potpuniju sliku fitoplanktona i rezultate koji su komplementarni onima dobivenim tradicionalnom mikroskopijom i baza su za buduća istraživanja.

Ključne riječi: primarna proizvodnja, fitoplankton, alge, morske cvjetnice, Jadransko more  
(25 stranica, 13 slika, 1 tablica, 35 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: prof. Zrinka Ljubešić

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Bachelor thesis

## Primary producers in the sea

Ana Petrović

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Primary production is an important process in which inorganic matter is transformed into organic matter, and it is carried out by primary producers. The primary producers in the sea are phytoplankton, macroalgae and seagrasses and are responsible for 46.2% of the total primary production. Phytoplankton, photosynthetic microorganisms that cannot actively move, but float in the water column, are mostly cyanobacteria, diatoms, dinoflagellates, cryptophytes, haptophytes and green algae. Macroalgae are multicellular macroscopic organisms that live in the benthos, consisting of brown, green and red algae. Seagrasses are plants that have fully adapted to life in the sea, and are important places of primary production, but also important habitats for numerous species because they provide them with spawning grounds, feeding grounds and shelter. In the Adriatic Sea, we can find four marine flowering plants: *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Zostera noltii* and *Cymodocea nodosa*. In the phytoplankton of the Adriatic, the largest number of species are diatoms, followed by dinoflagellates, haptophytes and chrysophyceae. The composition of the phytoplankton community is continuously monitored, and new methods are used, thanks to which new species are discovered, or existing lists are revised. Using metabarcoding, environmental DNA is analyzed, cells are isolated and cultures are established, which gives a more complete picture of phytoplankton and results that are complementary to those obtained by traditional microscopy and are the basis for future research.

Keywords: primary production, cyanobacteria, algae, seagrasses, Adriatic sea  
(25 pages, 13 figures, 1 table, 35 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: prof. Zrinka Ljubešić

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PRIMARNA PROIZVODNJA U MORU</b> .....	<b>1</b>
<b>3. TKO SU PRIMARNI PROIZVOĐAČI U MORU?</b> .....	<b>2</b>
3.1 NAČINI ŽIVOTA PRIMARNIH PROIZVOĐAČA U MORU .....	4
3.1.1 FITOPLANKTON.....	4
3.1.2.BENTOS.....	5
3.2.TAKSONOMSKA PODJELA PRIMARNIH PROIZVOĐAČA .....	6
3.2.1. CIJANOBAKTERIJE .....	6
3.2.2. ARCHAEPASTIDA .....	8
3.2.3 SAR.....	12
3.2.4. OSTALI.....	18
<b>4. FITOPLANKTON JADRANSKOG MORA</b> .....	<b>20</b>
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>21</b>
<b>6.LITERATURA</b> .....	<b>21</b>
<b>7.ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>25</b>

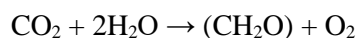
## 1. UVOD

Primarni proizvođači u moru su fotosintetski organizmi koji koristeći sunčevu energiju proizvode organsku tvar iz anorganske. Tim procesom čine prvi korak u svim hranidbenim lancima u moru jer ih ostali organizmi koriste kao izvor energije. Osim fotosinteze neki mogu vršiti i kemosintezu. Kemosinteza je proces stvaranja organske tvari iz anorganske korištenjem energije nastale iz kemijskih reakcija umjesto one dobivene iz organskih tvari ili Sunca. Glavni primarni proizvođači u moru su fitoplankton, makroalge i morske cvjetnice. Fitoplankton su fotosintetski organizmi koji lebde u vodenom stupcu, a čine ih protista i cijanobakterije. Makroalge su zelene, smeđe i crvene alge. Višestanični su makroskopski organizmi koji ne tvore tkiva. Za razliku od njih morske cvjetnice su biljke koje su se prilagodile na život u moru i imaju pravo tkivo.

## 2. PRIMARNA PROIZVODNJA U MORU

Primarna proizvodnja je proces kojim živi organizmi odnosno primarni proizvođači iz anorganskih oblika ugljika sintetiziraju jednostavne organske spojeve koje drugi organizmi mogu koristiti kao izvor energije. Većina ugljika na Zemlji nalazi se u anorganskom oksidiranom obliku poput ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), bikarbonata ( $\text{HCO}_3^-$ ), i karbonata ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Kako bi se formirale organske čestice anorganski ugljik mora se reducirati, a to zahtjeva energiju. Fotoautotrofi su organizmi koji koriste svjetlosnu energiju za redukciju anorganskog ugljika. Za razliku od njih kemoautotrofi koriste energiju iz kemijskih reakcija. I fotosinteza i kemosinteza doprinose primarnoj proizvodnji u oceanima, no fotosinteza je dominantniji proces s obzirom na količinu vezanog ugljika i energije pohranjene u organskim spojevima (Thornton, 2011.). Postoji oksigena i anoksigena fotosinteza. Oksigenom fotosintezom nastaje kisik, a anoksigenom neki drugi spoj poput na primjer sumpora. Anoksigena fotosinteza se događa u oceanu, ali je ograničena na anaerobno okruženje u kojima ima dovoljno svjetla (Kolber et al., 2000.). Fotosinteza se odvija u svim dijelovima mora dokle god postoji dovoljna količina sunčeve svjetlosti. S druge strane kemosinteza je ograničena na mjesta gdje postoji dovoljna količina kemijskih supstrata. Tonjenjem čestica i vertikalnom migracijom se organski ugljik može prenijeti u dublje dijelove mora u kojima fotosinteza. Gotovo sve ekosustave u oceanu pokreće organski ugljik i energija koja je stvorena fotosintezom (Thornton, 2011.).

Pojednostavljena jednadžba fotosinteze glasi:





Ova reakcija je redoks reakcija u kojoj dolazi do redukcije ugljikova dioksida i oksidacije vode uz prisutnost sunčeve svjetlosti te nastaju kisik i ugljikohidrati. Pigment klorofil važan je za primanje svjetlosne energije i njezino pretvaranje u kemijsku energiju. Postoji bruto i neto primarna proizvodnja. Bruto primarna proizvodnja (BPP) je ukupna količina organske tvari koju proizvede primarni proizvođač u ekosustavu. Neto primarna proizvodnja (NPP) je količina organske tvari koja ostane dostupna biljojedima i razlagačima nakon što primarni proizvođač zadovolji svoje energetske potrebe odnosno nakon respiracije. Globalna morska primarna proizvodnja procijenjena je na 50 petagrama ugljika godišnje (Field et al. 1998), što je približno jednako NPP-u kopnenog ekosustava (Field et al. 1998, Zhao & Running 2010). Razni kemijski i fizikalni faktori utječu na primarnu proizvodnju, a neki od njih su: dostupnost svjetlosti i hranjivih tvari, temperatura, salinitet, gustoća, tlak i drugi. Sunčeva svjetlost je jedan od najvažnijih faktora koji utječu na primarnu proizvodnju. Svjetlost koja je dovoljna za fotosintezu dopire do dubine od maksimalno 200 metara i to nazivamo eufotička zona. Živi fitoplankton se može naći i na dubini dubljjoj od 200 metara odnosno u disfotičnoj zoni gdje svjetlost i dalje dopire, ali je respiracija veća od fotosinteze. Afotička zona je dubina pri kojoj svjetlost ne prodire. Uz svjetlost, važan faktor koji utječe na primarnu proizvodnju je i temperatura. Ona određuje brojne fizikalne, kemijske i biološke procese u morima. Temperatura i salinitet određuju gustoću mora, a ona utječe na gibanja organizama i izmjenu tvari.

### 3. TKO SU PRIMARNI PROIZVOĐAČI U MORU?

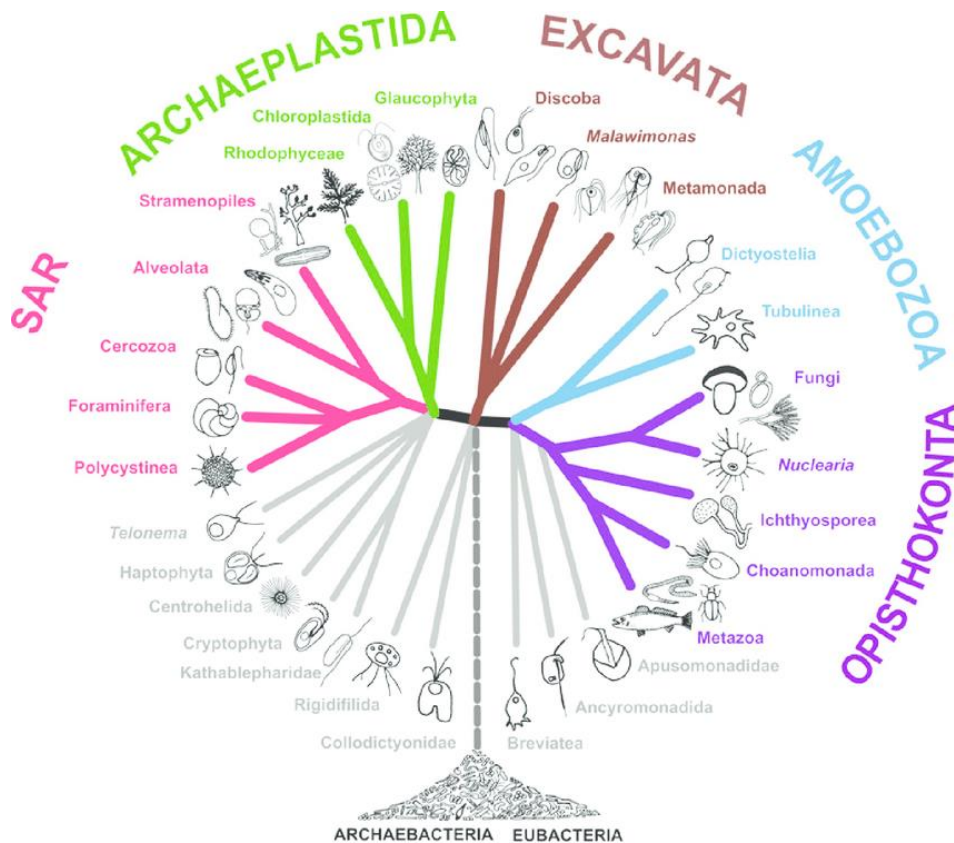
Primarni proizvođači su organizmi koji imaju sposobnost vršiti fotosintezu odnosno iz anorganske tvari stvoriti organsku. Najvažnije primarne proizvođače u moru, prema načinu života dijelimo na fitoplankton i bentos. Osnovne karakteristike primarnih proizvođača prikazane su u Tablici 1.

Cijanobakterije su prokarioti sa sposobnošću fotosinteze i izuzetno su važni u svim vodenim ekosustavima. Prema novoj podjeli eukariota (Adl et al 2012.) koja se temelji na molekularnoj filogeniji postoji pet super grupa: Amebozoa, Archaeplastida, Opisthokonta, SAR i Excavata (Slika 1). Primarni proizvođači pripadaju supergrupama:

- (i) Archaeplastida koja uključuje crvene alge (Rhodophyta), glaukofite (Glaucophyta), zelene alge (Chlorophyta) i kopnene biljke (Embryophyta);
- (ii) SAR od primarnih proizvođača uključuje Stramenopiles (dijatomeje (Bacillariophyta) i smeđe alge (Phaeophyceae)) i Alveolata (dinoflagelati).
- (iii) Ostali, odnosno po Adl (2012.) grupe s trenutno nedovoljno jasno definiranim porijeklom, a važne sastavnice fitoplanktona su i haptofita (kokolitoforidi) i kriptofita

Tablica 1. Najvažniji primarni proizvođači i njihove glavne karakteristike (preuzeto i prilagođeno iz An Introduction to the Biology of Marine Life 5<sup>th</sup> edition, Sumich, 1992.)

IME	PRIBLIŽAN BROJ ŽIVUĆIH VRSTA	VELIČINA I STRUKTURA	FOTOSINTETSKI PIGMENTI	PRIČUVNA TVAR	STANIŠTE
Cijanobakterije	200	Jednostanični, prokarioti, nemaju bičeve, mikroskopski	Klorofil a Karoteni Fikobilini	Škrob	Većinom bentičke
Dinoflagelati	1100+	Jednostanični ili kolonijalni, imaju bičeve, mikroskopski	Klorofil a i c Ksantofilili Karoteni	Škrob Masti Ulja	Većinom planktonske
Smeđe alge	1500	Višestanični, makroskopski	Klorofil a i c Ksantofilili Karoteni	Laminarin i drugi	Većinom bentičke
Crvene alge	4000	Jednostanični i višestanični, većinom makroskopski	Klorofil a Karoteni Fikobilini	Škrob i drugi	Bentičke
Zelene alge	7000	Jednostanični i višestanični, mikroskopski i makroskopski	Klorofil a i b Karoteni	Škrob	Većinom bentičke
Kopnene biljke	250 000	Višestanični, makroskopski	Klorofil a i b Karoteni	Škrob	Bentičke



Slika 1. Filogenetsko stablo domene Eucaryota (preuzeto iz Adl et al., 2012.)

### 3.1 NAČINI ŽIVOTA PRIMARNIH PROIZVOĐAČA U MORU

#### 3.1.1 FITOPLANKTON

Fitoplankton su jednostanični i kolonijalni, autotrofni i miksotrofni mikroorganizmi, koje naseljavaju slobodnu vodu oceana, obalnih mora, kopnenih stajačica i velikih rijeka. Fitoplankton nije sistematska kategorija već opisuje njihov način života. Nemaju mogućnost aktivnog pokretanja već se pasivno kreće strujama. Temelj su hranidbenih lanaca u moru zbog svoje sposobnosti provođenja fotosinteze.

Fitoplankton se prema veličini stanica dijeli na tri veličinske frakcije (Sieburth i sur.1978.):

1. mikroplankton (stanice 20-200  $\mu\text{m}$ )
2. nanoplankton (stanice 2-20  $\mu\text{m}$ )
3. pikoplankton (stanice 0,2-2  $\mu\text{m}$ )

U mikrofítoplanktonu dominiraju dijatomeje i dinoflagelati (Marañón, et al. 2001.). Nanoplankton čine manje dijatomeje i dinoflagelati, kokolitoforidi i kriptofiti. U pikoplanktonu dominiraju cijanobakterije, ali

ovdje su brojne i jednostanične zelene alge. Veličina stanica određuje način prehrane i života, ali i efikasnost samog ekosustava. Važan je omjer površine i volumena stanica, te stanice sa većim omjerom površine i volumena, odnosno manje stanice nisu limitirane hranjivim solima dok veće stanice ovise o njihovoj dostupnosti. Mikrofitoplankton prevladava u područjima visoke nove proizvodnje u kojoj nove hranjive soli ulaze u eufotičku zonu zbog njihove veće potrebe za njima. Pikofitoplankton je češći u oligotrofnim zonama gdje je recikliranje hranjivih tvari veće i gdje mala koncentracija hranjivih soli predstavlja nedostatak za mikrofitoplankton. Koja će frakcija prevladavati ovisi o uvjetima okoliša i o prilagodbama populacija na te uvjete.

### 3.1.2.BENTOS

Bentoski organizmi žive pričvršćeni za morsko dno. Veličina ovih organizama je raznolika te mogu biti mikroskopski ili veliki i do nekoliko metara. Najvažniji primarni proizvođači iz ove skupine su zelene, crvene i smeđe alge te morske cvjetnice. Ova podjela algi temelji se na različitim pigmentima koje imaju u svojim plastidima (Tablica 1.). Ovisno o tome zauzimaju različite ekološke niše. Zelene alge žive na području najizloženijem svjetlosti jer im u kloroplastima dominiraju klorofili te im to daje svijetlo zelenu boju. Smeđe alge imaju ksantofile, točnije fukoksantin koji maskira zelenilo klorofila i daje im maslinasto zeleno ili smeđe obojenje. Crvene alge žive na najdubljoj i najzasjenjenijoj stepenici bentosa jer uz klorofil posjeduju i fikobiline, pigmente koji apsorbiraju crvenu, narančastu, žutu i zelenu svjetlost te ju prosljeđuju klorofilima za fotosintezu. Crvene alge koje rastu u plitkim vodama obično sadrže fikobiline koji mogu uhvatiti crveno odnosno žuto svjetlo. One na većim dubinama sadrže više fikobilina koji mogu hvatati zelenu svjetlost jer je ona zastupljenija na toj dubini (Crichton, 2012.). Alge najčešće nalazimo na dubinama do 30 ili 40 metara, a najobilnije su u području izmjene plime i oseke. U tropskim morima crvene alge se mogu pronaći na dubini i do 200 metara. Alge žive u najplićim litoralnim stepenicama radi svoje prilagodljivosti ekstremnim uvjetima života dok cvjetnice zauzimaju dublja mjesta do granica prodiranja svjetlosti.

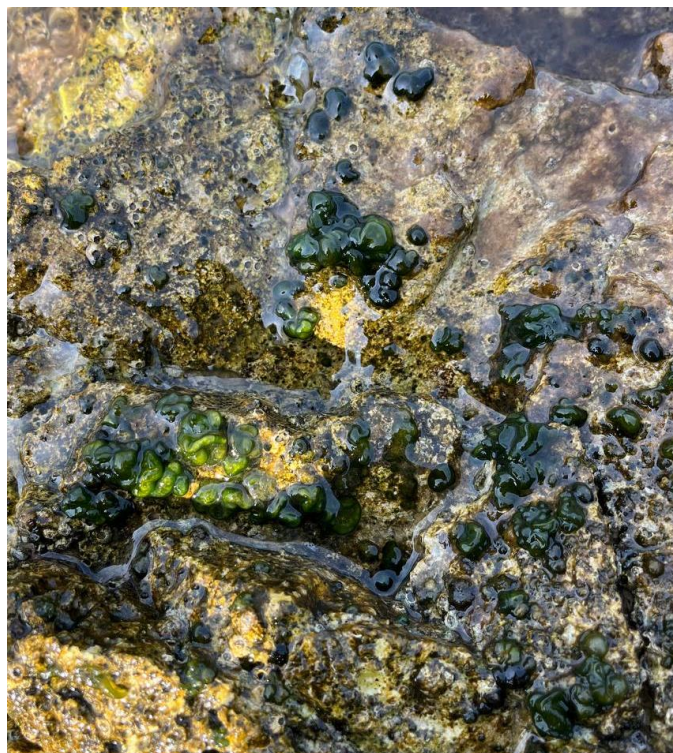
Perifiton je dio bentosa te se odnosi na zajednicu organizama koji žive pričvršćeni na krupnijim organizmima i drugim predmetima u vodi poput npr. kamenja. Perifiton obrasta sve potopljene površine te za razliku od bentosa ne penetrira u podlogu. Ekološki je izuzetno važan i obuhvaća zajednicu bakterija i protista. Najvažniji primarni proizvođači perifitona su dijatomeje. Fitobentoske vrste imaju manji udio u ukupnoj primarnoj proizvodnji od planktonskih autotrofa jer su ograničene na život u obalnom području (Meyercordt i Meyer-Reil, 1999; Goto i sur., 1999).

## 3.2.TAKSONOMSKA PODJELA PRIMARNIH PROIZVOĐAČA

### 3.2.1. CIJANOBAKTERIJE

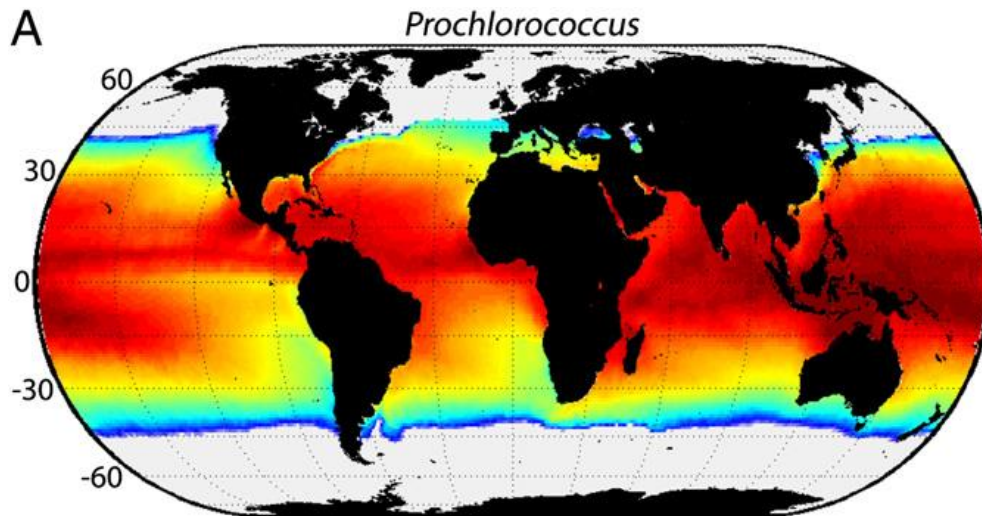
Cijanobakterije su prokariotski organizmi koji se klasificiraju u domenu Bacteria (Hug et al., 2016.). Bile su među prvim fotosintetskim organizmima na Zemlji i odgovorne su za stvaranje današnje atmosfere. Prokarioti u svojim stanicama nemaju jezgru, mitohondrij, Golgijeva tjelešca niti endoplazmatski retikulum. Umjesto jezgre imaju nukleoid, kružnu DNA molekulu koja se nalazi u citoplazmi. Stanična stijenka građena je od četiriju slojeva. Čvrstoću joj pruža mureinski ili peptidoglikanski sloj. Svojom staničnom strukturom odgovaraju gram negativnim bakterijama, ali se razlikuju od ostalih fotosintetskih bakterija jer posjeduju fotosistem II (Porter, 1986.). Imaju klorofil a kao i eukariotski autotrofi i cijanosome (fikobilisome), posebna diskoidalna tjelešca koja sadrže fikocijanin, alofikocijanin i fikoeritrin, a nalaze se na vanjskim membranama tilakoida. Zbog ovih pigmenata boja cijanobakterija je modrozeleno te su se u prošlosti nazivale modrozeleno alge. Poput drugih bakterija posjeduju plazmide, kružne molekule DNA koje nisu esencijalne za život bakterije, ali nose gene za neka povoljna svojstva. Cijanobakterije se morfološki izrazito razlikuju te mogu biti pojedinačne stanice ili mogu stvarati kolonije. Kolonije mogu biti pločaste, kuglaste ili nitaste. Nitaste kolonije nazivamo trihomi. Trihomi su obavijeni sluzavim omotačem, galertom, koja ih štiti od isušivanja i drugih nepovoljnih uvjeta. Neke vrste posjeduju heterociste, posebne stanice sa zadebljalom stijenkom s pomoću koje se održavaju anaerobni uvjeti koji su važni za aktivnost enzima nitrogenaze. Cijanobakterije imaju važnu ulogu u moru jer mogu fiksirati atmosferski dušik i uz pomoć nitrogenaze ga reducirati do  $\text{NH}_4^+$  te tako obogaćuju vodeni stupac s dušikom. Heterociste mogu biti: bazalne, terminalne, interkalarne i lateralne, a nastaju iz vegetativnih stanica nakon njihovih dioba. Neke vrste posjeduju i akinete, specijalizirane dormantne stanice sa zadebljalom stijenkom koje sadrže veliku količinu hranjivih tvari i DNA. Razmnožavaju se vegetativno, a do izmjene genetičkog materijala dolazi s pomoću konjugacije i transformacije. Neki od poznatijih redova cijanobakterija su: Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales, Prochlorococcus i Synechococcus. Red Chroococcales karakteriziraju okruglaste ili eliptične stanice koje mogu biti pojedinačne ili u nizu od po dvije stanice. Vrste reda Oscillatoriales imaju nerazgranjene trihomi koji se mogu pokretati uz pomoć sluzi građene od lipopolisaharida te nemaju heterociste. Vršna stanica (calyptra, kapa) važna je morfološka oznaka za određivanje vrsta. Uz navedena dva reda, poznat i je i red Nostocales čije vrste imaju jednoliko široke i nerazgranjene trihomi i sadrže heterociste. Unutar ovog reda nalazi se rod *Rivularia* čije vrste često stvaraju zelene nakupine u priobalnom području (Slika 2.). *Prochlorococcus* je rod morskih cijanobakterija koji pripada pikoplanktonu. Prisutan je u trilionima: godišnja ukupna abundancija u svjetskim oceanima je  $2.9 \pm 0.1 \times 10^{27}$  stanica (Flombaum et al 2013). Doprinosi 50% ukupne primarne proizvodnje u biosferi i zaslužan je za proizvodnju oko 20%

ukupnog kisika na Zemlji. Jedan je od glavnih primarnih proizvođača u oceanima i najmanji i najbrojniji fotosintetski organizam na Zemlji. Ima divinil klorofil a i b, derivate molekule divinila, i jedini je fotosintetski organizam koji koristi ove pigmente. Za razliku od ostalih cijanobakterija nema fikobilisome. Ima široki areal rasprostranjenosti koji se prostire u umjerenom i tropskom pojasu (Slika 3.) (Flombaum et al., 2013.).



Slika 2. Obraštaj cijanobakterije iz roda *Rivularia* na kamenu u zoni prskanja valova (slikala Divna Grabarević)





Slika 3. Prikaz globalne rasprostranjenosti vrste roda *Prochlorococcus* iz podataka dobivenih na osnovi mjerenja srednje godišnje abundancije u površinskom sloju morske vode (preuzeto iz Flombaum et al. 2013.)

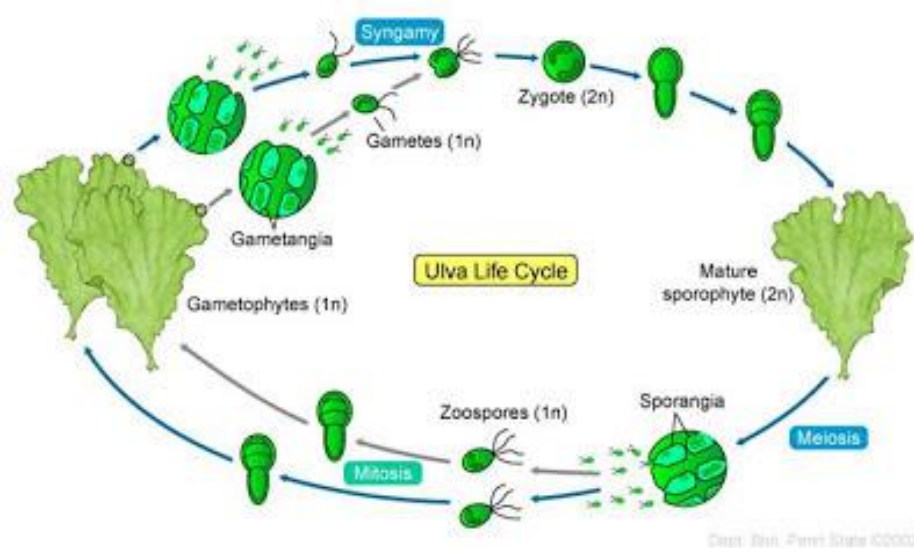
Rod *Synechococcus* je uz *Prochlorococcus* jedan od najzastupljenijih fotoautotrofnih pikoplanktona i primarnih proizvođača u morskom ekosustavu. Za razliku od cijanobakterije *Prochlorococcus*, *Synechococcus* ima veći genom i širu paletu gena koja mu omogućuje postojanje u gotovo svakom morskom staništu (Pittera et al., 2018). U uvjetima povećane koncentracije dušikovih i fosforovih soli dolazi do masovnog razvoja cijanobakterija odnosno do cvjetanja mora. Cvjetanje mora je prirodna pojava koja može nastati zbog promjene temperature ili izljeva rijeka u more, a očituje se kao stvaranje sluzavih nakupina na površini mora. Može nastati i zbog zagađenja uzrokovanih kanalizacijskim ili industrijskim ispuštima.

### 3.2.2. ARCHAELASTIDA

#### 1. CHLOROPLASTIDA

Chloroplastida ili zelene alge, eukariotski su jednostanični i višestanični organizmi koje nemaju pravo tkivo stoga njihovo tijelo zovemo talus. Dijele se na dvije grupe: Chlorophyta i Charophyta. Chlorophyta su zelene alge s talusom koji se pojavljuje s različitim stupnjem organizacije te može biti pojedinačna pokretna stanica, kolonijalni flagelati, palmeloidni tip, kokodine stanice, nitasti ili pločasti tip. Jednostanične i kolonijalne vrste zelenih algi su važan dio fitoplanktona. Pokretne stanice uvijek nose po dva, četiri ili osam bičeva – undulipodija, koji nemaju mastigoneme, ali su pokriveni ljuskama (Inouye i

sur. 1984.). Posjeduju celuloznu staničnu stijenku. Vrste koje nemaju celuloznu stijenku na površini imaju periplast koji stvara galertu, organske ljuske ili uklopine od  $\text{CaCO}_3$ . Od pigmenata dominiraju klorofil a i b. Karakterističan pigment je klorofil b ili lutein. Pojavljuju su i karotenoidi i ksantofili, stoga mogu biti različitih boja, od tamno do žuto zelene. Kloroplasti mogu biti pojedinačni ili mnogobrojni te različitih oblika: pločasti, okrugli, mrežasti ili peharasti. Imaju dvije ovojnice i dva do šest ili više tilakoida u nakupinama. Unutar plastida imaju škrob. Mogu se razmnožavati spolno i nespolno. Nespolno se razmnožavaju pokretnim zoosporama, nepokretnim akinetama, aplanosporama ili autosporama. Vegetativno se razmnožavaju fragmentiranjem talusa i staničnom diobom. Spolno razmnožavanje može biti izogamija, anizogamija i oogamija, a mnoge vrste imaju i izmjenu generacija (Slika 4.).



Slika 4. Izmjena generacije kod roda *Ulva* (<https://knowledgeclass.blogspot.com/2013/01/ulva.html>)

Izmjena generacija sastoji se od izmjene dvije faze: diploidnog sporofita (2n) i haploidnog gametofita (n). Može biti izomorfna u kojoj su sporofit i gametofit morfološki jednaki ili heteromorfna u kojoj su oni različiti. Zelene alge nastanjuju mora, slatke i bočate vode. Postoje bentoske i planktonske vrste, a mogu biti i epifiti ili simbionti s lišajevima. Poznati rodovi su: *Ulothrix*, *Ulva*, *Chlorella* i *Cladophora*.

Charophyta je skupina zelenih algi za koje se smatra da su najbližnje kopnenim biljkama (Karol i suradnici, 2002.). Imaju nitasti talus te u vodi stvaraju vataste tamnozeleno nakupine.



## 2. RHODOPHYTA

Rhodophyta ili crvene alge su rod nitastih algi koje posjeduju interkalarni rast i pigmente fikobiline, među kojima prevladava fikoeritrin. Imaju postrane ogranke koji mogu srasti te stvarati pseudoparenhim (plektenhim). Talus poprima vrpčast ili krpast oblik jer su u pseudoparenhimu stanice povezane citoplazmatskim nastavcima te je vidljiva i nitasta monoaksijalna ili multiaksijalna građa talusa. Stanična stijenka je građena od celuloze, a izvana može biti obložena pektinom. Najviše su rasprostranjene u toplijim morima, ali nastanjuju i bentos tekućica. Nespolno se razmnožavaju nepokretnim stanicama i pojedinačnim ameboidnim monosporama koje nastaju u monosporangiju sporofita. Spolno razmnožavanje je oogamija, oblik anizogamije u kojem je ženska gameta znatno veća od muške. Dije se na dva razreda Bangiophyceae i Florideophyceae (Slika 5.). Razred Bangiophyceae karakteriziraju nitast, razgranjen i pločast talus, sastavljen od jednog do dva sloja stanica te interkalarni rast. Mogu imati jedan zvjezdasti ili više parijetalnih diskoidnih kloroplasta. Predstavnici ovog razreda imaju diplohaplontski-heteromorfni razvojni ciklus što znači da se sporofit i gametofit morfološki razlikuju. Razred Florideophyceae također najčešće ima diplohaplontski-heteromorfni razvojni ciklus.



Slika 5. Crvena alga iz razreda Florideophyceae: *Nemalion helminthoides*

### 3. EMBRYOPHYTA

Kopnene biljke ili Embryophyta važan su razred kojeg čine vrlo raznolike biljke koje prekrivaju čitav naš planet. Dijele se na dvije skupine: Monosporangiophyta, u koje spadaju Bryophyta ili mahovine, i Polysporangiophyta u koju spadaju sjemenjače (Spermatophyta) i papratnjače (Monilophyta). Kao što i sam naziv razreda kaže biljke većinom nastanjuju kopno i na njega su se izvrsno prilagodile. Iznimka su predstavnici porodice Zosteraceae koje spadaju u jednosupnice (Monocotyledoneae). Ove vrste su se prilagodile životu u moru i važni su primarni proizvođači te tvore podvodne livade cvjetnica koje imaju veliki ekološki značaj. Livade morskih cvjetnica važna su mjesta primarne proizvodnje, ali i važna staništa za brojne vrste jer im pružaju mrijestilište, hranilište i sklonište. Također su važne i zbog obraštaja koji živi na njima te se procjenjuje da na svakom listu možemo pronaći preko trideset vrsta algi. Važne su i jer pohranjuju ugljik i višak dušika nastao zagađenjem. Prozirnost mora najvažniji je faktor koji utječe na morske cvjetnice zbog fotosinteze koja nije moguća u dubokim i neprozirnim dijelovima mora. Osim toga imaju važnu ulogu u zadržavanju i smanjenju mobilnosti sedimenta. Poznato je oko 30 vrsta morskih cvjetnica koje većinom nalazimo u tropskom području. U Jadranskom moru možemo naći četiri morske cvjetnice: *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Zostera noltii* (Slika 6.) i *Cymodocea nodosa*. *Posidonia oceanica* ili samo posidonija endem je Sredozemnog mora koja stvara prostrane livade na muljevitom morskom dnu. Zbog svoje ovisnosti o sunčevoj svjetlosti najčešće se nalaze u priobalnom području gdje je snažan antropogeni učinak. Plovidba brodova, ribolov, gradnja i nasipanje obale samo su neke od ljudskih aktivnosti koje negativno utječu na livade morskih cvjetnica jer im oštećuju stabljike zbog čega su podložne razaranju valova. Osim ljudskog učinka, cvjetnice ugrožavaju i invazivne vrste poput zelene alge roda *Caulerpa*.



Slika 6. Morska cvjetnica *Zostera noltii*

### 3.2.3 SAR

#### 1. PHAEOPHYTA

Smeđe alge ili Phaeophyceae su makroalge koje su dobile ime zbog pigmenta fukoksantina koji im daje smeđu boju. Veličina talusa se razlikuje od sitnih nitastih do nekoliko metara velikih. Skoro svi rodovi su morski osim: *Heribaudiella*, *Pleurocladia*, *Bodanella* i *Sphacelaria* (Schloesser and Blum, 1980). Rezervna tvar je krizolaminarin (poliglikan) i manitol (šećerni alkohol-derivat manoze). Kod odvedenijih predstavnika razlikuju se rizoidi, kauloidi i filoidi, pseudoparenhim, ali i pravi parenhim. Primitivnije vrste imaju stanice koje se dijele na sve strane, a razvijenije rastu diobom apikalne stanice. Stanična stijenka smeđih algi općenito je sastavljena od najmanje dva sloja, sa sastavom od celuloze kao glavnim strukturnim kosturom (Kloareg i Quatrano, 1988). Amorfna komponenta stanična stijenka je građena od alginske kiseline i fukoidina, dok se sluz i kutikula sastoje prvenstveno od alginske kiseline (Evans and Holligan,

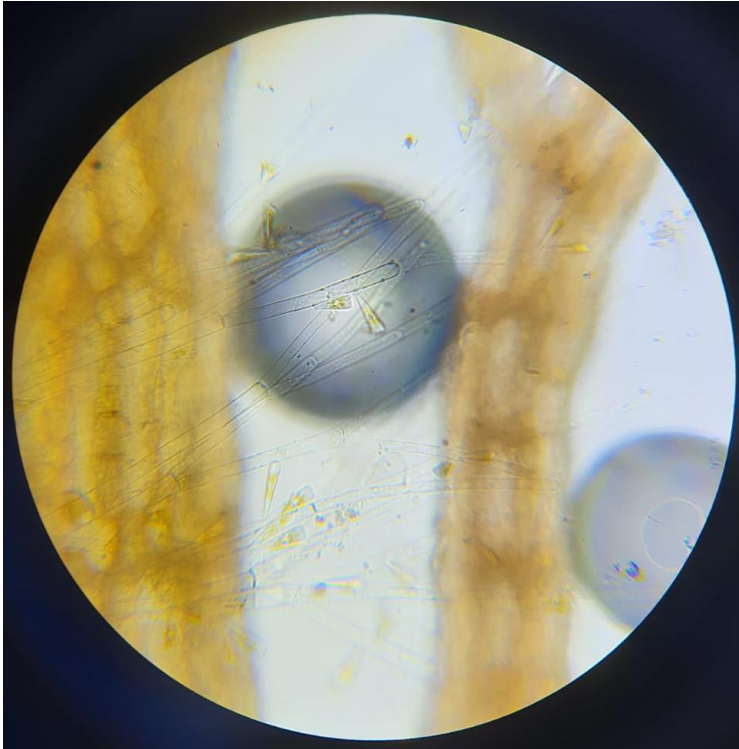
1972a; Vreeland, 1972). Smeđe alge su jedinstvene među algama u preuzimanju anorganskog ugljika, i stoga je fotosintetska fiksacija ugljika stimulirana plavom svjetlošću (Forster i Dring, 1994.). S obzirom na to da većina smeđih algi živi u litoralnoj zoni (uz obalu) gdje dobivaju veliku količinu svjetlosti, fotosinteza je obično ograničena opskrbom anorganskim ugljikom. Phaeophyceae su razvile mehanizam s pomoću kojeg povećavaju količinu unosa anorganskog ugljika, ali samo kad su stanice osvjetljene plavom svjetlošću čime se štedi potrebna energija za proces kada su stanice u mraku (Lee, 2008). Spolno se razmnožavaju izogamijom, anizogamijom i oogamijom. Izmjena generacija može biti izomorfna ili heteromorfna. Poznatiji redovi smeđih algi su: Ectocarpales, Dictyocales, Laminariales i Fucales. Red Ectocarpales karakterizira talus koji se sastoji od filamenata ili filamenta zbijenih zajedno, a razmnožavanje je izogamija ili anizogamija (Lee, 2008.). Vrste reda Dictyocales rastu s pomoću apikalne stanice, imaju mejozu kojom nastaju četiri do osam nepomičnih spora, imaju oogamno spolno razmnožavanje (Lee, 2008.) (Slika 7.). Alge iz reda Laminariales poznate su po stvaranju takozvanih „šuma“ kelpova koje su rasprostranjene širom svijeta u plitkim otvorenim obalnim vodama, na temperaturama nižim od 20 stupnjeva. Zbog fotosinteze ovisne su o svjetlu te se ne pojavljuju dublje od 5-15 metara. Mnoge vrste kelpa imaju pneumatociste, mjehure sa zrakom koji omogućavaju talusu da ostane uspravan u vodi. Najpoznatiji kelpi su divovski kelpi (vrste roda *Macrocystis*), iako postoje brojni drugi rodovi poput *Laminaria*, *Ecklonia*, *Lessonia*, *Alaria* i *Eisenia*. „Šume“ kelpa su jedni od najproduktivnijih morskih staništa, a osim toga mnogim životinjama predstavljaju sklonište od predatora ili izvor hrane stoga su mjesta s velikom biološkom raznolikošću.



Slika 7. Smeđa alga iz reda Dictyotales: *Padina pavonica*

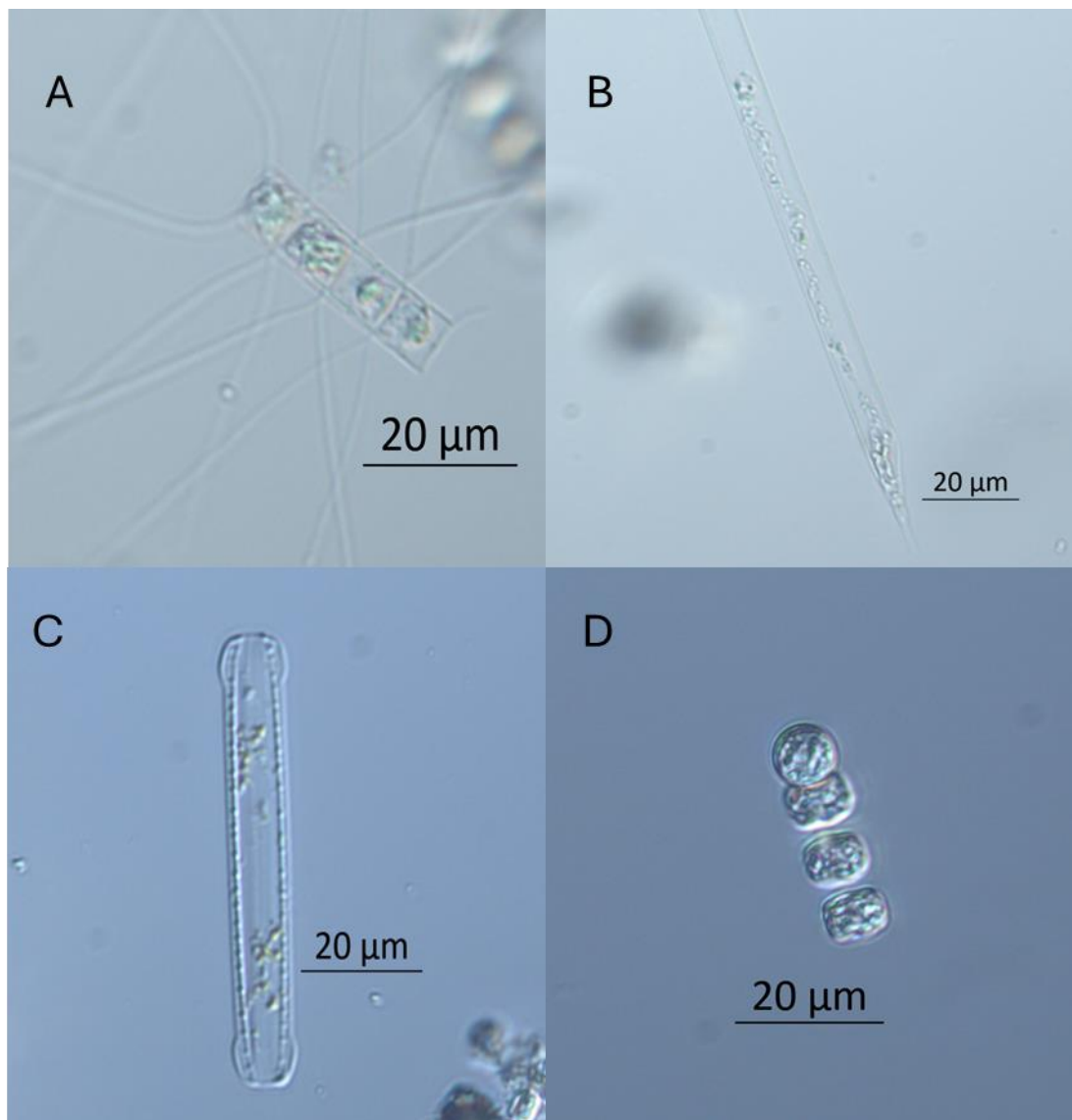
## 2. BACILLARIOPHYTA

Bacillariophyta poznatije kao dijatomeje ili alge kremenjašice su jednostanični fotoautotrofni organizmi koji žive pojedinačno ili u kolonijama (Slika 8. i Slika 9.). Njihove stanice ne obavija stanična stijenka već imaju silikatnu ljušturicu frustulu po kojoj su prepoznatljive. Mlada stanica s vanjske strane obavijena je periplastom, a ispod plazmaleme periplasta nalaze se vezikule (stvorene u Golgijevom aparatu), u kojima se iz topivog silicija u vodi sintetizira amorfn i netopivi opal ( $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ). Naslaga kremen u vezikulama se povećava i izbija na vanjsku stranu stanice, plazmalema i vanjska membrana vezikula nestaju, a unutarnja membrana vezikula preuzima ulogu plazmaleme. Frustula je građena od dvije polovice tzv. teke (lat. *thaeceae*). Gornja se zove epiteka, a donja hipoteka. One se preklapaju poput kutije i poklopca. Prema obliku frustule dijatomeje se dijele na centrice i penate. Penatne dijatomeje imaju tri osi i ravnine simetrije: apikalna, transversalna i pervalvalna os, te valvalna, apikalna i transapikalna ravnina stoga imaju bilateralnu simetriju. Kroz centrice se može provući bezbroj ravnina simetrija te one imaju radijalnu simetriju. Pigment karakterističan za dijatomeje je fukoksantin. Spolni rasplod kod centrica je oogamija, oblik spolnog razmnožavanja u kojem je jajna stanica veća i nepokretna, a spermatozoidi su maleni i pokretni. Kod penata je spolni rasplod izogamija ili anizogamija. Izogamija je oblik spolnog razmnožavanja u kojem su gamete jednake veličine, a kod anizogamije su one nejednake veličine i strukture. Stanice se dijele u valvalnoj ravnini, tako da epiteka ostaje, a hipoteka se ponovno stvara. Stoga nastaju dvije stanice različitih veličina jer jedna stanica kćer dobiva majčinsku epiteku, a druga dobiva majčinsku hipoteku koja njoj postaje epiteka i koja je manja od sestrinske epiteke (Slika 10.) Vegetativne stanice su diploidne i nespolno se razmnožavaju silificiranim statorama. Fosilne su dijatomeje poznate već iz krede gdje se stvaraju debele naslage kremene zemlje (njem. *Kieselguhr*) koja se koristi u industriji eksploziva, stakla i izolacijskih materijala. Spadaju u mikroplankton u kojem dominiraju i zbog toga su najvažniji primarni proizvođači za više trofičke razine tj, njima se hrane veći organizmi. Dijatomeje su iznimno važni organizmi koji doprinose oko 20% svjetske primarne produkcije. Analizom ribosomalne DNA utvrđeno je da je u svjetskim oceanima najčešći i najbrojniji rod dijatomeja *Chaetoceros*, a slijede ga: *Fragilariopsis*, *Thalassiosira* i *Corethron* (Malviya et al. 2016.).

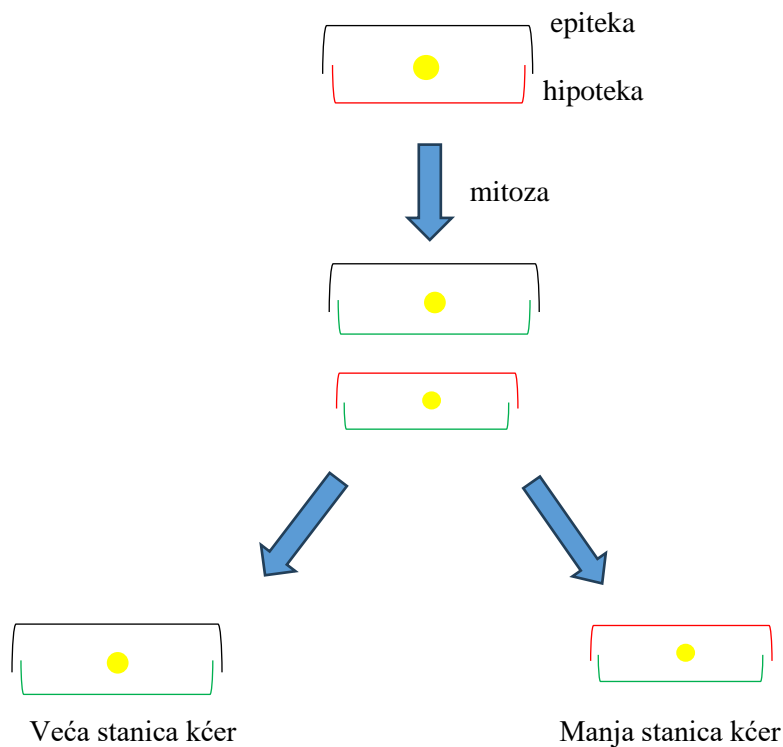


Slika 8. Diatomeje pod terenskim mikroskopom





Slika 9. Dijatomeje pod svjetlosnim mikroskopom: A- dijatomeja iz roda *Chaetoceros*, B- dijatomeja iz roda *Rhizosolenia*, C-penatna dijatomeja u pleuralnom položaju, D- dijatomeja iz roda *Cyclotella*



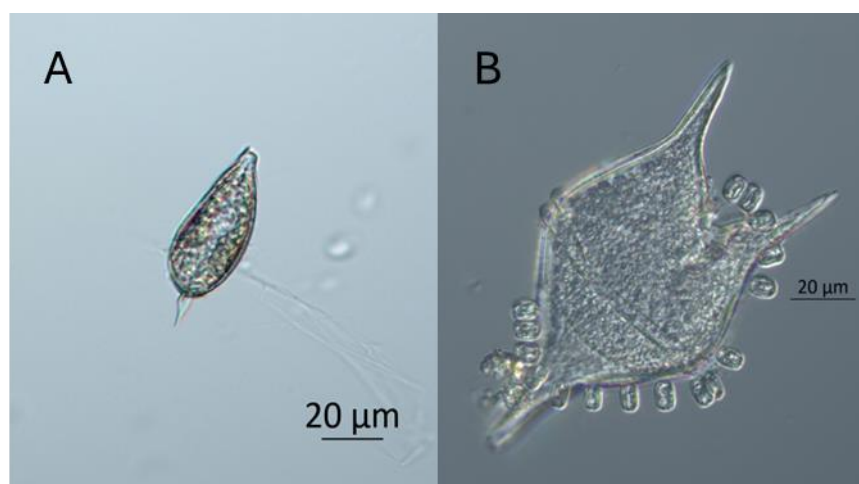
Slika 10. Shematski prikaz diobe dijatomeja

### 3. DINOPHYTA

Dinophyta su uz dijatomeje najvažniji predstavnici krupnijeg morskog fitoplanktona (Slika 11.). Postoje heterotrofne vrste, pa se ova skupina po klasičnoj zoološkoj nomenklaturi ubrajala u Protozoa (praživotinje) – u porodicu Dinoflagellata iz razreda Mastigophora. Stanice dinofita umjesto stanične stijenke na površini imaju modifikaciju periplasta zvanu amfijezma. Prema građi amfijezme postoje dvije vrste dinofita: tekatni i atekatni. Tekatni imaju tvrdi amfijezmu koja liči na oklop i u njoj se mogu sintetizirati celulozne ploče. Atekatni nemaju celulozne ploče. Na ventralnoj strani sijeku se dvije brazde: uzdužna (sulcus) i poprečna (cingulum), a iz sjecišta izlaze dva biča. Gornji dio stanice je iznad poprečne brazde i zove se epiconus ili epiteka, a donji dio nalazi se ispod cinguluma i zove se hipoconus ili hipoteka. Vršni dio stanice zove se apex, a bazalni antapex. Celulozne ploče spojene su šavovima (suturama), a njihov oblik i raspored važan je za determinaciju: apikalne, precingularne, cingularne, postcingularne, antapikalne, sulkalne. Posjeduju trihociste, organele koji nakon vanjskog podražaja izbacuju tanke proteinske niti kroz pore na površini celuloznih ploča. Imaju razgranat sustav vakuola – kanal tj. puzule koje imaju ulogu u



osmoregulaciji i ekskreciji. Dinofiti imaju dva nejednaka biča (undulipodija), transverzalni i longitudinalni, koji izlaze s ventralne strane stanice. Svojim cvjetanjem mogu promijeniti boju mora u crveno (engl. *red tide*) ili zeleno (engl. *green tide*). Većina vrsta su morski organizmi, ali postoje i slatkovodni. Kod mnogih dinofita susrećemo bioluminiscenciju. Bioluminiscencija je pojava koju karakterizira produkcija i emisija vidljive svjetlosti od strane živećeg organizama kao rezultat kemijske reakcije poput reakcije oksidacije molekule luciferina, molekule koja emitira svjetlost. Na brzinu ove kemijske reakcije utječu enzimi luciferaza ili fotoprotein (Haddock i sur., 2010).



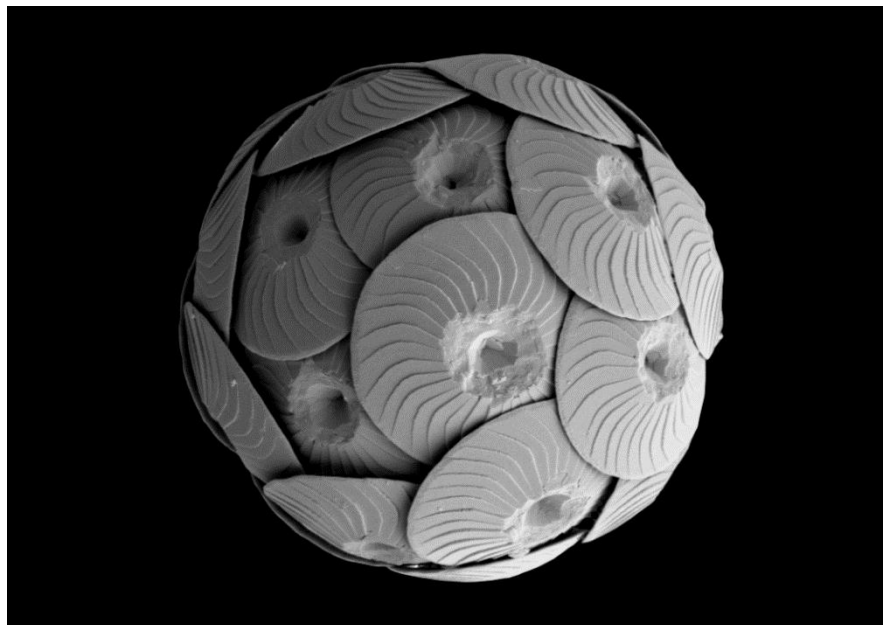
Slika 11. Dinofiti iz roda *Prorocentrum* pod svjetlosnim mikroskopom: A- dinofit iz roda *Prorocentrum*, B- dinofit iz roda *Protopteridinium*,

### 3.2.4. OSTALI

#### 1. PRYMNESIOPHYTA

Prymnesiophyta poznatije i kao Haptophyta su autotrofne uglavnom jednostanične vrste koje mogu biti pokretne, ameboidne i kokidne, a neke stvaraju palmeloidni i nitasti talus. Većinom su morske vrste, ali postoji i nekoliko slatkovodnih. Čine većinu nanoplanktona u moru i oko 45% ukupnih stanica fitoplanktona u srednjim geografskim širinama južnog Atlantika (Lee, 2008.). Imaju haptonemu, tjelešce slično bičevima po čemu su dobile stari naziv Haptophyta. Plastidi im imaju četiri membrane te sadrže klorofil a i c, a rezervna tvar je krizolaminarin. Morski haptofiti doprinose do 10% globalnog kruženja ugljika fiksiranjem CO<sub>2</sub> fotosintezom i biomineralizacijom (Poulton i suradnici, 2007.). Ovoj skupini pripadaju i kokolitoforidi (Coccolithophyceae), oklopljeni haptofiti. Ime su dobili po kućici kokolitu građenoj od CaCO<sub>3</sub> (Slika 12.). Upravo zbog svojih kokolita igraju važnu ulogu u vezanju ugljika u moru. Kada zooplankton pojede

koklitoforide njihove neprobavljene ljušturice tonu na morsko dno te se na taj način kalcijev karbonat isključuje iz kruženja ugljika.



Slika 12. Kokolit koklitoforida (preuzeto iz <https://www.shira.alu.hr/izlozbe/izlozba-ljepota-detalja-transformacija-i-struktura/>)

## 2. CRYPTOPHYTA

Cryptophyta su jednostanične alge dorziventralno spljoštene s dva nejednaka postrana biča (Slika 13.). Dulji bič sadrži dvostranu, a kraći jednostranu mastigonemu. Uz ždrijelo imaju ejektosome (ejektilni organeli ili ekstrusomi). Sadrže vrpce organskog materijala (većinom od proteina) namotanu uz unutrašnje bokove cilindra, koja se na podražaj eksplozivno izbacuje. Od pigmenata posjeduju karotenoid aloksantin, a nemaju klorofil b. Pirenoid koji izrasta iz plastida okružuju škrobne ploče. Na površini pirenoida nalazi se nukleomorf, tj. prostor obavijen plastidnom ovojnicom sa zncima organske tvari i DNA. To je ostatak jezgre endosimbionta u heterotrofnoj stanici pretka Cryptophyta (Onuma et al. 2017.). Spolni rasplod je izogamija. Predstavници su nanoplanktona i dolaze u slatkim vodama, moru i u brakičnim vodama. Kriptofiti su bitan izvor hrane za sekundarne proizvođače u slatkovodnim i morskim okolišima jer imaju visoku koncentraciju masnih kiselina, sterola i aminokiselina.



Slika 13. Kriptofiti (preuzeto iz [http://culter.colorado.edu/taxa/phylum.php-q-phylum\\_ID=4.html](http://culter.colorado.edu/taxa/phylum.php-q-phylum_ID=4.html))

#### 4. FITOPLANKTON JADRANSKOG MORA

Jadransko more je najsjeverniji dio Sredozemnog mora i prodire duboko u kopno te je zbog toga specifičan. Poluzatvoren je bazen te je povezan sa Sredozemnim morem s Otranskim vratima na jugoistoku. Možemo ga podijeliti na tri geografske regije: sjeverni, srednji i južni Jadran. Viličić i suradnici (2002.) napravili su reviziju fitoplanktona te su objavili popis od 888 mikroskopijom utvrđenih vrsta. Dijatomeje se sastoje od 518 vrsta (330 penata, 174 centrica), dinoflagelata 264, haptofita 101, krizoficeje 2, rafidoficeje 1 i 2 vrste euglenofita. Izvori podataka bili su uzorci prikupljeni u prirodno eutrofnim područjima (zaljevi, visoko slojevi kraški estuarij), u područjima s antropogenim utjecajem (luke), kao i u oligotrofnom južnom Jadranu. Možetić i suradnici (2019.) objavili su ažurirani popis fitoplanktona u 12 luka u Jadranu koji bilježi 330 svojiti dijatomeja. Uspostavom kultura i izolacijom stanica iz mora, kao i korištenjem novih molekularnih metoda, istraživanja fitoplanktona značajno su napredovala u zadnjim desetljećima. Razvoj i korištenje molekularnih metoda i elektronske mikroskopije omogućilo je lakšu i bržu identifikaciju i opis novih vrsta. Nove vrste dijatomeja se kontinuirano opisuju, a neke od recentnijih su: *Entomoneis pusilla*, *Entomoneis gracilis*, *Entomoneis infula*, *Entomoneis vilicicii* i druge (Mejdandžić et al.2018.). Metabarkodiranjem okolišne DNA dodatno se istražuje fitoplankton Jadranskog mora, te su Grižančić i sur. (2023) objavili prvi popis dijatomeja dobiven iz okolišne DNA.

## 5. ZAKLJUČAK

Primarni proizvođači zaslužni su za velik udio globalne proizvodnje organskog ugljika i kisika. Prvi su u hranidbenom lancu i o njima ovise sve više trofičke razine. Promjene u njihovoj brojnosti mogu biti indikatori okolišnih promjena poput pojave cvjetanja mora. Cvjetanje mora uzrokuje nagli rast nekih fitoplanktonskih vrsta poput dijatomeja, cijanobakterija, kokolitoforida ili dinoflagelata. Javlja se pri povećanim temperaturama i povećanom koncentracijom hranjivih tvari. Može ostaviti negativne posljedice na ekosustav zbog povećane potrošnje kisika i uzrokovati trovanje riba, školjkaša, ptica, ali i ljudi. Povećanje temperature mora, uzrokovano globalnim zatopljenjem, uzrokuje sve češća cvjetanja cijanobakterija i dinoflagelata diljem svijeta. S druge strane cvjetanje kokolitoforida ima pozitivan učinak na klimatske promjene. Kokolitoforidi u svojim ljušturicama ugrađuju kalcijev karbonat koji nakon njihovog ugibanja tone na dno i isključuje se iz ciklusa ugljika te tako neposredno utječu na smanjenje globalnog zatopljenja. Također otpuštaju plina dimetil sulfid koji potiče stvaranje oblaka i time povećava odbijanje svjetlosti našeg planeta. To na kraju dovodi do manjeg zagrijavanja Zemlje. Znanstvenici već godinama proučavaju mogu li primarni proizvođači ublažiti klimatske promjene i na koji način. Mnogi smatraju da zbog svoje sposobnosti da apsorbiraju ugljikov dioksid primarni proizvođači mogu utjecati na smanjenje efekta staklenika. Proučavanje njihove brojnosti, opis novih vrsta te razumijevanje njihovog načina života jedni su od koraka ka rješavanju problema globalnog zatopljenja koji zahvaća čitavu Zemlju i utječe na sve organizme na njoj.

## 6. LITERATURA

Adl, S.M. et al. (2012) The revised classification of eukaryotes. *J Eukaryot Microbiol* 59:429–514

Chavez, F.P., Messie, M., Pennington J.T. (2011) Marine Primary Production in Relation to Climate Variability and Change, *Ann. Rev. Marine Sci.* 3, 227–260

Crichton, R., (2012.) *Biological Inorganic Chemistry*. U: Crichton, R. (ur.). Chapter 10 - Magnesium–Phosphate Metabolism and Photoreceptors. Elsevier. Oxford. str. 197–214

Evans, L.V., Holligan M.S., (1972) Correlated light and electron microscope studies on brown algae. I. Localization of alginic acid and sulphated polysaccharides in Dictyota. *New Phytologist* 71: 1161-1172.

Field C.B., Behrenfeld M.J., Randerson J.T., Falkowski P. (1998) Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281:237–40

Flombaum, P., et al. (2013) Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus* *Proc Natl Acad Sci USA* 110:9824–9829

Forster, R. M., i Dring, M. J. (1994) Influence of blue light on the photosynthetic capacity of marine plants from different taxonomic, ecological and morphological groups. *Eur. J. Phycol.* 29:21–7

Grižančić, L., Baričević, A., Smodlaka Tanković, M., Vlašiček, I., Knjaz, M., Podolšak, I., Kogovšek, T., Pfannkuchen, M.A., Marić Pfannkuchen, D. (2023) A metabarcoding based (species) inventory of the northern Adriatic phytoplankton.: *Biodiversity data journal* 11, e106947.

Haddock S.H.D., Moline M.A., Case J.F. (2010) Bioluminescence in the Sea. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2010. 2:443 – 93

Hogarth P.J. (2007) *The Biology of Mangroves & Seagrasses* by Hogarth, Peter. [2007, 2nd Edition.] Paperback

Hug et al. (2016). A new view of the tree of life, *Nat Microbiol*;1:1–6

Inouye, I., Hori, T., Chihara, M., (1984): Observations and taxonomy of *Pyramimonas longicauda*

Karol K.G. et al. (2002) The Closest Living Relatives of Land Plants, *Science* 294, 2351

Kloareg, B., Quatrano, R.S. (1988) Structure of the Cell Walls of Marine Algae and Ecophysiological Functions of the Matrix Polysaccharides. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 26, 259-315.

Kolber, Z. S., Van Dover, C. L., Niederman, R. A. & Falkowski, P. G. (2000) Bacterial

Photosynthesis in Surface Waters of the Open Ocean. *Nature*, vol.407, No.6801, pp.177-179, ISSN 0028-0836

Lee, R.E. 2008. *Phycology* 4<sup>th</sup> Edition, Cambridge University Press, New York

Malviya S. et al. (2016) *Insights into global diatom distribution and diversity in the world's ocean*, Rutgers, The State University of New Jersey, New Brunswick, NJ,

Marañon E., Holligan P.M., Barciela R., González N., and Mouriño, Pazó M.J., and Varela M. (2001) Patterns of phytoplankton size structure and productivity in contrasting open – ocean environments. *Marine Ecology Progress Series*, 216, 43-56o

Matek, A., i Ljubešić, Z. (2024) 'Primary production research in the Adriatic Sea - a review', *Acta Adriatica*, 65(2).

Mejdandžić, M., Bosak, S., Nakov, T., Ruck, E., Orlić, S., Gligora Udovič, M., Peharec Štefanić, P., Špoljarić, I., Mršić, G., Ljubešić, Z. (2018) Morphological diversity and phylogeny of the diatom genus *Entomoneis* (Bacillariophyta) in marine plankton: six new species from the Adriatic Sea.: *Journal of Phycology* 54, 275–298.

Meyercordt J., Meyer-Reil, L.A., (1999) Primary production of benthic microalgae in two shallow coastal lagoons of different trophic status in the southern Baltic Sea, *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, Vol 178: 179-191, 1999,

Mozetič, P., Cangini, M., Francé, J., Bastianini, M., Bernardi Aubry, F., Bužančić, M., Cabrini, M., Cerino, F., Čalić, M., D'Adamo, R., Drakulović, D., Finotto, S., Fornasaro, D., Grilli, F., Kraus, R., Kužat, N., Marić Pfannkuchen, D., Ninčević Gladan, Ž., Pompei, M., Rotter, A., Servadei, I., Skejić, S. (2019) Phytoplankton diversity in Adriatic ports: Lessons from the port baseline survey for the management of harmful algal species.: *Marine Pollution Bulletin* 147, 117–132.

Onuma R., Mishra N., Miyagishima S. (2017) Regulation of chloroplast and nucleomorph replication by the cell cycle in the cryptophyte *Guillardia theta* *Sci Rep* 7, 2345

Pittera J., (2017) Thermoacclimation and genome adaptation of the membrane lipidome in marine *Synechococcus*, *Environ. Microbiol.*, № 20, c. 612

Porter, R.D., (1986) Transformation in cyanobacteria. *Critical Reviews in Microbiology*, 13, 111 – 132

Poulton, A.J., Adey, T.R., Balch, W.M., Holligan, P.M. (2007) Relating coccolithophore calcification rates to phytoplankton community dynamics: Regional differences and implications for carbon export. *Deep. Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* **2007**, 54, 5–7.

Schloesser, R. E., Blum, J. L. (1980) *Sphaelaria lacustris* sp. nov., afreshwater brown alga from Lake Michigan. *Journal of Phycology* 16:201–207.

Sieburth, J.M., Smetack, V., Lenz, J., (1978) Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size-fractions. *Limnol. Oceanogr.* 23, 1256-1263.

Sumich J.L., (1992) *An Introduction to the Biology of Marine Life* 5<sup>th</sup> edition, Dubuque, IA :Wm. C. Brown Publishers

Thornton, D.C.O., Najafpour, M. (2011) *Advances in Photosynthesis - Fundamental Aspects, Primary Production in the Ocean*, IntechOpen, Iran

Viličić, D. (2002) *Fitoplankton Jadranskoga mora. Biologija i taksonomija. Školska knjiga, Zagreb.*

Viličić, D. (2002) Phytoplankton taxonomy and distribution in the offshore southern Adriatic. *Nat. Croat.*, Vol. 7, No. 2, 125-139, 1998, Zagreb

Viličić D., Marasović I., Mioković D. (2002) Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea, *Acta Bot. Croat.* 61 (1), 57–91, 2002

Vreeland V. (1972) Immunocytochemical localization of the extracellular polysaccharide alginic acid in the brown seaweed, *Fucus distichus*, *J. Histochem Cytochem* 1972, 20, 358–367.

Zhao, M. i Running, S.W. (2010) Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 through 2009. *Science*, 329, 940-943.

## 7. ŽIVOTOPIS

Zovem se Ana Petrović, rođena sam u Zagrebu 1.8.2002. godine. Zanimanje za biologiju stekla sam još u osnovnoj školi zahvaljujući svojoj profesorici koja se iznimno trudila da nas upozna sa znanostima, te se to zanimanje nastavilo i u srednjoj školi gdje sam sudjelovala na raznoraznim radionicama vezanim uz biologiju. Završila sam VII. Gimnaziju u Zagrebu te sam nakon mature upisala Biologiju na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu. Na prvoj godini sam se učlanila u BIUS, Udrugu studenata biologije. Svoju aktivnost unutar udruge započela sam kao članica Sekcije za edukaciju s kojom sam išla na Veliki BIUS-ov teren u Radoboj gdje sam sudjelovala u izradi i provedbi radionica vezanih uz biologiju za djecu različitih uzrasta, od vrtića do osnovnoškolaca. U travnju 2023. godine sam zajedno s kolegicom Divnom Grabarević, ponovno otvorila Sekciju za alge i postala njezina voditeljica. Kao voditeljica Sekcije za alge, uz pomoć kolegice Divne i mentorice profesorice Mariju Udovič - Gligore, započela sam sekcijski projekt BIUS-ova zbirka dijatomeja. Cilj projekta je sakupiti što više uzoraka dijatomeja s raznih lokacija u Hrvatskoj te napraviti trajne preparate od njih. U siječnju 2024. godine prisustvovala sam predavanjima i radionicama COST action CA18238 „Ocean4Biotech“ u Sarajevu. Na radionici sam učila o osnovama UNIX sustava. U svibnju 2024. godine uz pomoć mentorice profesorice Zrinke Ljubešić, Divna i ja započinjemo još jedan projekt na Velikom BIUS-ovom terenu u Karinu. Cilj ovog projekta je sakupljanje morskih cvjetnica Karinskog i Novigradskog mora te analiziranje njihovog obraštaja. Navedena područja su vrlo zanimljiva zbog velikog utjecaja rijeka i odvojenosti Karinskog mora od ostatka Jadrana. Zajedno s našom mentoricom profesoricom Ljubešić i javnom ustanovom Natura Jadera plovila sam Novigradskim morem i kanjonom rijeke Zrmanje te sam naučila spuštati sondu koja je mjerila temperaturu, salinitet i fluorescenciju klorofila. Podatke dobivene sondom kasnije smo obrađivali na radionici „Obrada kontinuiranih mjerenja u biološkoj oceanografiji“ na kojoj sam učila osnove rada u programskom jeziku R. Kao voditeljica Sekcije za alge sudjelovala sam na Danu i noći PMF-a 2024 zajedno sa Sekcijom za biologiju mora. Naša radionica S.O.S Save our seas predstavljala je posjetiteljima na zabavan i interaktivan način problem globalnog zatopljenja. Osim navedenog, kao jedna od voditeljica Sekcije za alge, održala sam nekoliko predavanja i radionica u BIUS- u poput: Alge u prehrani i Diatomeje Hrvatske. Cilj mi je nastaviti sa svojim radom kao voditeljica te upisati Laboratorijsku stručnu praksu na kojoj ću obrađivati uzorke cvjetnica i dijatomeja skupljenih u Karinu te dobivene rezultate predstaviti u znanstvenom radu.