

# Dijatomeje u ekološkom sustavu jadranskoga mora

---

**Bujas, Niko**

**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:217:554100>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**DIJATOMEJE U EKOLOŠKOM SUSTAVU**  
**JADRANSKOGA MORA**

**DIATOMS IN THE ECOLOGICAL SYSTEM OF**  
**ADRIATIC SEA**

**ZAVRŠNI RAD**

Niko Bujas

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: izv.prof.dr.sc. Zrinka Ljubešić

Zagreb, 2021.

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. BIOLOGIJA DIJATOMEJA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. STRUKTURA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. RAZMNOŽAVANJE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. TAKSONOMSKA KLASIFIKACIJA DIJATOMEJA .....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. UZORKOVANJE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. KVANTITATIVNE METODE ISTRAŽIVANJA FITOPLANKTONA ..</b>	<b>10</b>
<b>3.2.1. ABUNDANCIJA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.2 BIOMASA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3. MOLEKULARNE METODE .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4. ČIŠĆENJE LJUŠTURA DIJATOMEJA I KULTURE STANICA .....</b>	<b>13</b>
<b>4. OCEANOLOŠKA SVOJSTVA JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CVJETANJE MORA .....</b>	<b>17</b>
<b>6. UPOTREBA DIJATOMEJA U LJUDSKE SVRHE .....</b>	<b>19</b>
<b>6.1. DIJATOMEJSKA ZEMLJA .....</b>	<b>19</b>
<b>6.2. DIJATOMEJE U FORENZICI .....</b>	<b>20</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>27</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>27</b>
<b>KLJUČNE RIJEČI: .....</b>	<b>28</b>
<b>KEYWORDS:.....</b>	<b>28</b>

## 1. UVOD

Oceani pokrivaju 70,8% Zemljine površine, stoga hidrosfera zauzima najveći dio biosfere. Oceani i mora su dom raznolikim organizmima, koji su kroz kruženje tvari i protok energije preko hranidbenih lanaca usko povezani. Jedna od najvažnijih skupina mikroorganizama su fotosintetske jednostanične alge i bakterije koje čine fitoplankton. Fitoplankton je glavni nositelj primarne organske produkcije, te uslijed velike površine mora i oceana, odgovoran za 46,2% ukupne primarne produkcije u biosferi (Field i sur. 1998). Fitoplanktonom nazivamo autotrofne i miksotrofne organizme koji naseljavaju pelagijal te se pasivno kreću sa morskim strujama. U svijetu se odlikuje pet područja sa mediteranskom klimom koja imaju golemu važnost u bioraznolikosti, to su Australija, Čile, Južna Afrika, Kalifornija i europsko Sredozemlje. Jadranska obala je dio ovog prostora i jedno od središta bioraznolikosti. Reljef Jadranskog bazena, otoka i obale nastao je djelovanjem geoloških procesa u prošlosti Zemlje te promjena razine mora za vrijeme ledenih doba. Jadranska obala i otoci čine jedinstveno i osebujno područje. Uz Grčku, Hrvatska obala Jadranskog mora je najrazvedenija na Sredozemlju te je i među najrazvedenijom u svjetskim razmjerima. Ukupna površina 79 otoka, 525 otočića te 649 hridi i grebena čini 3259km<sup>2</sup>.

Fitoplankton Jadrana se po svojim morfološkim i fiziološkim karakteristikama može svrstati u nekoliko glavnih skupina: dijatomeje sa poznatih 518 vrsta, 264 vrsta dinoflagelata, 101 vrsta skupine prymnesiophytes, 2 zlatne alge, 1 vrsta rafidofita te 2 vrste euglenophyceae (Viličić i sur. 2002). Dijatomeje su dominantna skupina fitoplanktona koji obitava u Jadranskom moru. Pretpostavlja se da postoji preko 12,500 vrsta dijatomeja i odgovorne su za 40% primarne proizvodnje u svim morima (Sarhou i sur. 2005, Amin i sur. 2012). Razvoj fitoplanktona, a tako i dijatomeja ovisi o fizikalnim čimbenicima kao što su svjetlost, temperatura, struje i slično, zatim kemijskim čimbenicima, salinitetu i koncentraciji nutrijenata te biološkim čimbenicima, odnosno interakcijama primarnih producenata, potrošača i razlagača. Poznavanje navedenih čimbenika nužno je za razumijevanje biologije fitoplanktona što će se prikazati u sljedećim poglavljima ovoga rada.

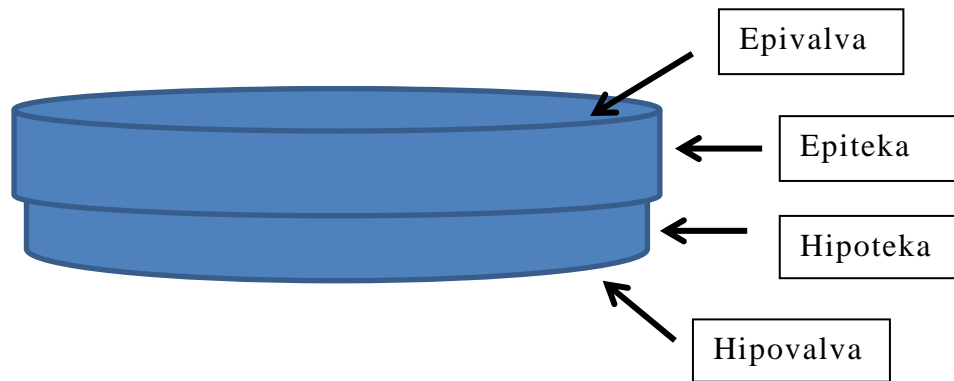
## **2. BIOLOGIJA DIJATOMEJA**

Razred Bacillariophyta ili kako se popularno nazivaju dijatomeje ili alge kremenjašice su jednostanični autotrofni eukariotski organizmi koji se mogu udruživati u kolonije. Ime su dobili po svojim silikatnim ljušturicama koje se sastoje od dva dijela, ime potječe od starih grčkih riječi „dia“ i „temnein“ što u doslovnom prijevodu znači „cut in two“ odnosno „prerezati na dva dijela“. Dijatomeje su uglavnom akvatični organizmi koji se mogu pronaći u svim vodenim ekosustavima na Zemlji. Alge kremenjašice su jedne od važnijih primarnih producenata u morima s obzirom da oko 25% sveukupne primarne produkcije pripada njima i čine gotovo polovicu organskog materijala u oceanima (Scala i Bowler, 2001).

### **2.1. STRUKTURA**

Dijatomeje su općenito prosječne veličine 2-200  $\mu\text{m}$ . Mjesto fotosinteze su njihovi žućkasti kloroplasti nastali sekundarnom endosimbiozom. Kloroplasti sadrže pigmente poput klorofila, karotenoida i karakterističnog pigmenta fukoksantina. Protoplast dijatomeja vrlo je sličan onome u drugih algi. Organele poput jezgre, mitohondrija i plastida tipične su za većinu alga. Pravo obilježje dijatomeja su njihove ljušturice. Alge kremenjašice nemaju staničnu stjenku već se stanice sa vanjske strane obavijaju periplastom. Periplast je struktura slična staničnoj stjenci koju čine plazmatski slojevi nejednolike gustoće. Ispod periplasta nalaze se Golgijeve vezikule koje sadrže netopljivi opal odnosno silicijev dioksid, kojeg dobivaju iz mora u obliku ortosicilijske kiseline i njezinih polimera. Kremen koji obavija stanicu čini "frustulu" koja se dijeli u dvije ljušturice odnosno „teke“. Ljušturice nisu jednakih veličina već se preklapaju poput kutije i poklopca, gornja veća ljušturica se naziva „epiteka“ i ona preklapa donju manju „hipoteku"(sl. 1). Svaka teka se sastoji od valve (odnosno epivalve i hipovalve) i pojasa (cingulum), pojas čine copulae i pleure koje se tijekom rasta stanice mogu umnožavati. Na valvama se nalaze dodatna zadebljanja silicija koja tvore takozvana rebra. Između rebara se nalazi međurebreni prostor koji je

perforiran šupljinama to jest „areolama“ koje se nižu od centra prema marginama. Areole mogu biti jednostavne ili složenije građe koje s jedne strane imaju reduciran otvor, a s druge sitastu strukturu (Round i sur. 1992).



**Slika 1.** Shematski prikaz dijatomeje

**Izvor:** Izrada autora

## 2.2. RAZMNOŽAVANJE

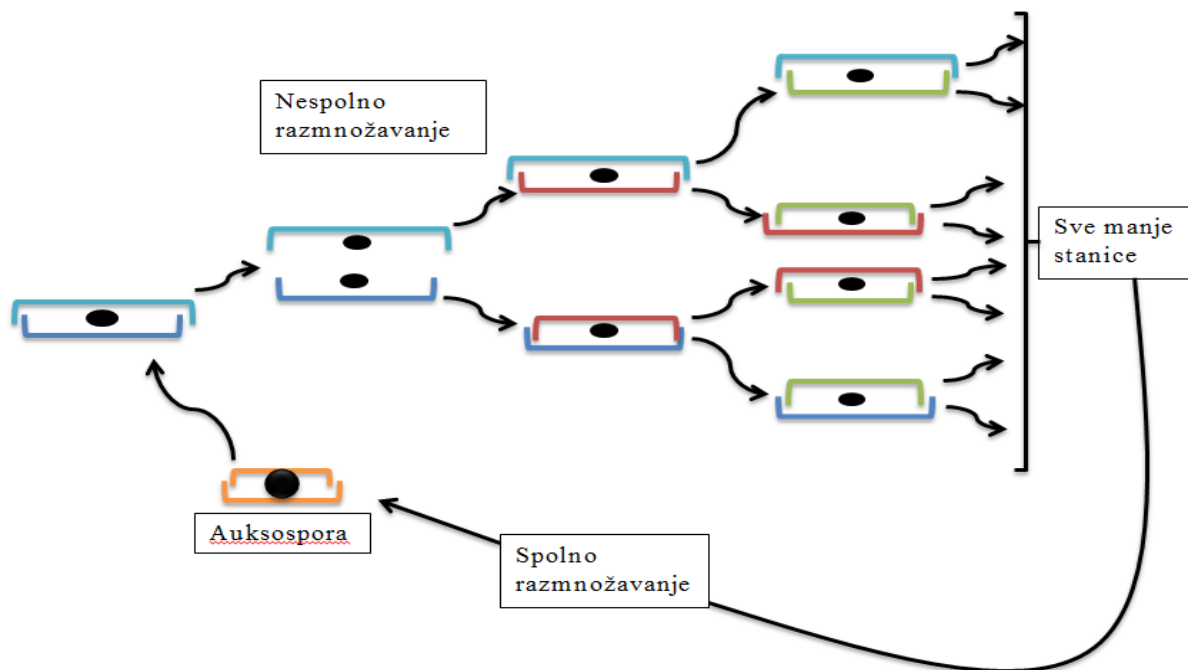
Reprodukcija je biološki proces u kojem živi organizmi stvaraju potomstvo i omogućuju preživljavanje vlastite vrste. Razmnožavanje se javlja u dva oblika: nespolni oblik, kada potomak potječe od jednoga roditeljskog organizma s kojim je genetski istovjetan, i spolni, kad u nastanku nove jedinke sudjeluju dva roditeljska organizma, što omogućuje da svaka jedinka bude genetski jedinstvena.

Dioba stanica je najčešći način razmnožavanja u jednostaničnih algi, a posebno je zanimljiva kod dijatomeja s obzirom na strukturu „frustule“ i da svaka stanica kći izgrađuje polovicu nove silicijeve kućice. U algi kremenjašica je karakteristična izmjena nespolnog i spolnog ciklusa.

Stanična dioba prvo započinje diobom kloroplasta, valve se razmaknu te se protoplazma podjeli i nastupa mitozu jezgre (Mann 1996). Obje nove stanice

dobiju po jednu valvu od roditeljske stanice koja postaje gornja odnosno veća epivalva dok manju stvaraju same. Na ovaj način postepeno dolazi do smanjivanja veličine stanice. Vegetativni rast obično je vrlo brz u dijatomeja, općenito pokazuju veće stope rasta od ostalih algi slične veličine. To je zbog toga što ugradnja silicijevog dioksida u frustulu zahtjeva manje energije u usporedbi sa sintezom organske stanične stjenke drugih algi (Raven 1983). Kada stanica dođe do veličine kod koje se ne može dalje dijeliti slijedi spolni ciklus odnosno stvaranje gameta gametogenezom. Nakon oplodnje nastaje diploidna zigota gdje dolazi do procesa auksosporulacije (Geitler 1973). Auksosporulacija je proces stvaranja velike diploidne auksospore koja luči novu kremenu kućicu prvobitne veličine (sl. 2).

Postoji nekoliko teorija koje objašnjavaju regulaciju i nastanak spolnog ciklusa. Jedna od prihvaćenijih teorija je da omjer protoplazme i nukleopazme regulira spolni ciklus (Lewis 1983).



**Slika 2.** Reproductivni ciklus

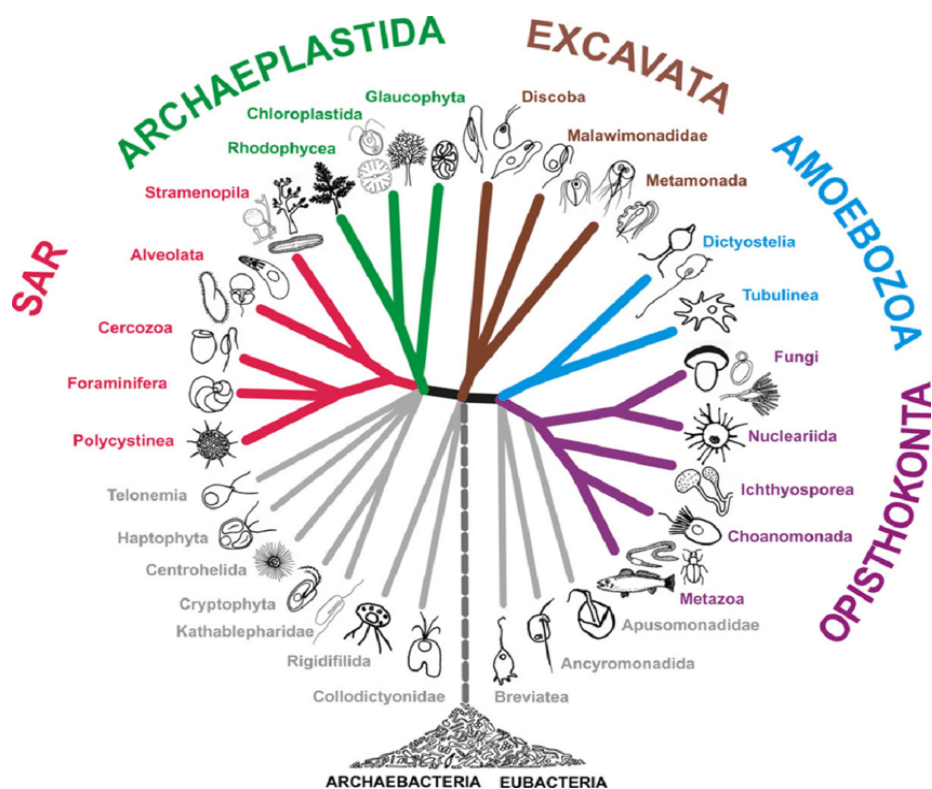
**Izvor:** Izrada autora

### 2.3. TAKSONOMSKA KLASIFIKACIJA DIJATOMEJA

Taksonomija je znanstvena disciplina koja izučava klasifikaciju to jest razvrstavanje kako živih tako i izumrlih organizama u hijerarhijske skupine. Osnivačem biološke nomenklature i taksonomije smatra se švedski znanstvenik Carl Linnaeus (18. st.). U svome djelu *Systema Naturae* nije klasificirao samo biljke i životinje, nego i minerale. Ta tri carstva podijelio je dalje u razrede, redove, rodove te svakoj opisanoj vrsti dao je jedinstveno dvojno ime. 1959. godine Robert Wittaker uvodi podjelu živog svijeta u pet carstava: bakterije, protocista, biljke, gljive i životinje. Carl Woese 1977. godine koristeći molekularne filogenetske metode točnije sekvenciranjem ribosomske RNA predlaže novu podjelu na tri domene – bakterije, arheje i eukariote. Nedostatak ove podjele je što je napravljena samo na temelju molekularnog sekvenciranja dok prednost pri podjeli u 5 carstava je ta što su sagledani biokemijski, razvojni i morfološki aspekti. Danas taksonomske klasifikacije se mijenjaju iz dana u dan što zapravo ne čudi s obzirom na količinu novih saznanja koje je gotovo nemoguće sve popratiti.

U ovom radu ja ću koristiti podjelu eukariota po Adl i sur. (2005). Ova nova podjela dijeli eukariote u šest supergrupa na osnovi molekularne filogenije. Supergrupe dijelimo na Opisthokonta, Amebozoa, Excavata, Archaeplastida i SAR klaster (sl. 3). Unutar SAR klastera se nalaze tri skupine: Alveolata, Rhizaria i Stramenopila (Burki i sur. 2007).





**Slika 3.** Filogenetsko stablo eukariota

**Izvor:** Adl i sur. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes

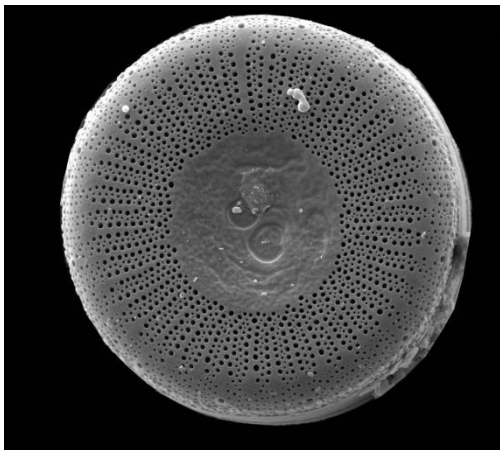
Alveolata je grupa koja sadrži raznolike skupine poput cilijata i dinoflagelata. Poslije dijatomeja dinoflagelati su najbrojnija skupina fitoplanktona koja broji 264 različitih vrsta u istočnom dijelu Jadrana (Viličić i sur. 2002). Glavna karakteristika dinoflagelata je izostanak stanične stijenke. Umjesto stanične stijenke imaju modificirani periplast - amfijejzmu koja nalikuje staničnoj stjenici te se naziva oklopom ili tekom (Loeblich III, Sherley 1979, Loeblich III 1982). Amfijejzme mogu biti građene od dvije ili više celuloznih ploča koje su međusobno povezane šavovima (sutura).

Stramenopila ili kako se još naziva Heterokonta je široka skupina u koju spadaju smeđe alge, zlatne alge, silikoflagelati, parazitski oomiceti te skupina dijatomeja (Gattepanche i sur. 2018). Razred Chrysophyceae ili zlatne alge su dobile ime po karakterističnim žutosmeđim plastidima. Stanice se nalaze unutar lorike iz koje izvire jedan ili dva nejednolika biča. Neke vrste nemaju bičeve već su ameboidne

ili stvaraju kokoidni tip talusa. Smeđe alge razreda Phaeophyceae spadaju u mnogostanične alge. Smeđe alge su uglavnom morske alge koje sadrže rizoide, kauloide i filoide. Dictyochophyceae ili sikoflagelati su pojedinačne stanice sa jednim bičem i sa silicijevim skeletom koji izgleda poput košare.

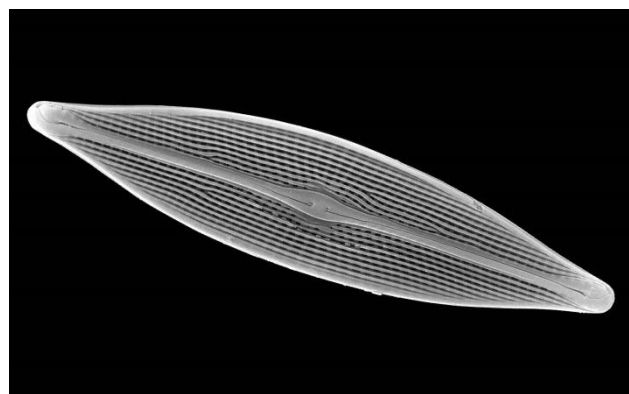
Morske dijatomeje spadaju u dominantnu skupinu koja se službeno naziva Bacillariophyceae. U istočnom dijelu Jadrana poznato je 518 vrsta dijatomeja što čini gotovo 60% svih vrsta eukariotskog fitoplanktona (Viličić i sur. 2002).

Frustule dijatomeja pokazuju široku raznolikost oblika i veličina, no dva su glavna karakteristična oblika po kojima svrstajemo dijatomeje u dva reda – centrice ili Centrales i penatne dijatomeje ili Pennales (sl. 4 i 5) (Van den Hoek i sur. 1995). Red Centrales obuhvaća vrste koje imaju diskoidalni ili cilindrični oblik s radijalnom simetrijom dok Pennales obuhvaća vrste s bilateralno simetričnim stanicama. Centrice u pravilu pripadaju planktonskim organizmima dok su penatne uglavnom bentoske vrste. Ova dva reda su osim oblikom podijeljeni još i drugim morfološkim te ekološkim svojstvima kao što su pokretljivost, način spolnog razmnožavanja te broj i veličina plastida.



**Slika 4.** *Cyclotella plutvicensis*, dijatomeja reda Centrales

**Izvor:** Croatian National Diatom Collection - <http://www.diatoms.biol.pmf.hr>



**Slika 5.** *Navicula gottlandica*, dijatomeja reda Pennales

**Izvor:** Croatian National Diatom Collection - <http://www.diatoms.biol.pmf.hr>

### **3. METODE ISTRAŽIVANJA**

Prve spoznaje o važnosti fitoplanktona su se pojavile nakon otkrića svjetlosnog mikroskopa u prvoj polovici 18. stoljeća. Od otkrića fitoplanktona, pa sve do danas znanstvenici usavršavaju tehnologiju i metode koje pomažu pri istraživanju fitoplanktona. Istraživanja fitoplanktona su krenula od mikroskopa koji je omogućavao klasifikaciju na temelju morfologije stanica. Danas se istraživanja temelje na molekularnoj biologiji, elektronskoj mikroskopiji, mjerenju abundancije, biomase, rasta populacije, salinitetu, temperature, količini kisika i drugih metoda.

#### **3.1. UZORKOVANJE**

Prije samih ekoloških i taksonomskih istraživanja potrebno je sakupiti uzorke sa terena. Uzorci za procjenu taksonomskog sastava i količine fitoplanktona se najčešće sakupljaju pomoću planktonske mreže, Niskonove crpke te rozete niskinovitih crpaca.

Istraživanje planktona uglavnom se vrši planktonskim mrežama (sl. 6) koje filtriraju živi materijal. Za zadržavanje fitoplanktona koriste se fine mreže sa veličinama pora manjima od 50  $\mu\text{m}$ , uglavnom sa porama veličine 5, 10 ili 20  $\mu\text{m}$  ovisno o vrsti istraživanja. Prednosti uzorkovanja planktonskim mrežama je jednostavna i jeftina uporaba, filtriranje velikog volumena vode i koncentriranje rijetkih stanica. Nedostaci planktonskih mreža su prolazak velikih količina nanoplanktona i pikoplanktona, teško mjerenje točnog volumena filtrirane vode te djelovanjem velike sile mreža može razoriti pojedine stanice fitoplanktona.

Za kvantitativnu analizu fitoplanktona uzimaju se uzorci vode sa točno određenih dubina pomoću niskinovitih crpaca (sl. 7). Niskinov crpac je cilindrični uređaj koji se spušta na određenu dubinu u otvorenom stanju. Crpac se zatvara i uzorak vode sa željene dubine podiže na površinu. Za potrebe uzorkovanja na različitim

dubinama koristi se "rozeta" niskinovitih crpaca gdje svaki crpac uzima vodu sa određene dubine.

Voda iz crpaca se koristi za određivanje abundancije planktona te ostalih parametara kao što su koncentracija soli, pigmenata, kisika, metala, nutrijenata i drugih parametara.



**Slika 6.** Planktonska mreža

**Autor fotografije:** izv.prof.dr.sc.  
Zrinka Ljubešić



**Slika 7.** Niskinovi crpci

**Autor fotografije:** izv.prof.dr.sc.  
Zrinka Ljubešić

## **3.2. KVANTITATIVNE METODE ISTRAŽIVANJA FITOPLANKTONA**

U kvantitativne metode istraživanja planktona podrazumijevamo određivanje abundancije (broj stanica), biomase i raznolikosti vrsta fitoplanktona u uzorcima prikupljenim iz morskih sustava. Otkrićem i razvojem mikroskopa paralelno teče i razvoj kvantitativnih metoda u analiziranju fitoplanktona. Danas se koriste dvije vrste mikroskopa u određivanju abundancije i taksonomske analize, a to su standardni mikroskop i inverzni mikroskop.

### **3.2.1. ABUNDANCIJA**

Broj stanica u uzorku nazivamo još i abundancija koja se određuje metodom prema Utermöhl (1958). Uz abundanciju, Utermöhl metodom se određuje i raznolikost, veličina te oblik fitoplanktona pomoću inverznog mikroskopa. Inverzni mikroskop (sl. 8) sadrži objektiv postavljen sa donje strane stolića što je neophodno za brojanje stanica koje su se istaložile na dno komorica za sedimentaciju (Utermohl 1958, Hasle 1978, Venrick 1978). Komorice za sedimentaciju se sastoje od cilindra i tankog staklenog postolja na kojem se taloži fitoplankton kroz 24, 48 ili 72 sata što ovisi o volumenu uzorka. Brojanje stanica s pomoću inverznog mikroskopa se obavlja u odabranim vidim poljima i transektima nakon čega slijedi izračunavanje abundancije vrsta po litri mora. Utermöhl metoda omogućava relativno jednostavnu i preciznu analizu fitoplanktona, dok nedostatak ove metode je kad se pri sedimentaciji uzorka nanoplankton ne istaloži u potpunosti jer se apsorbira uz rubove komorica ili ima dugo vrijeme taloženja. Manjak stručnjaka koji su dobro upoznati sa morfologijom i taksonomijom fitoplanktona također stvara prepreku pri identifikaciji Utermöhl metodom. Uz Utermöhl metodu za brojanje stanica koristi se fluorescentni mikroskop, hemicitometri za guste populacije stanica, elektronski brojači za stanice sličnih veličina i protočna citometrija kojom se mogu izbrojiti na desetke tisuća čestica i fino razlikovati organske od mineralnih

te žive od neživih čestica (Moreira-Turcq i sur.1993, Valdhuis i Kraay 2000, Dubelaar i Jonker 2000).



**Slika 8.** Inverzni mikroskop

**Autor fotografije:** izv.prof.dr.sc.  
Zrinka Ljubešić



**Slika 9.** Filtriranje uzorka

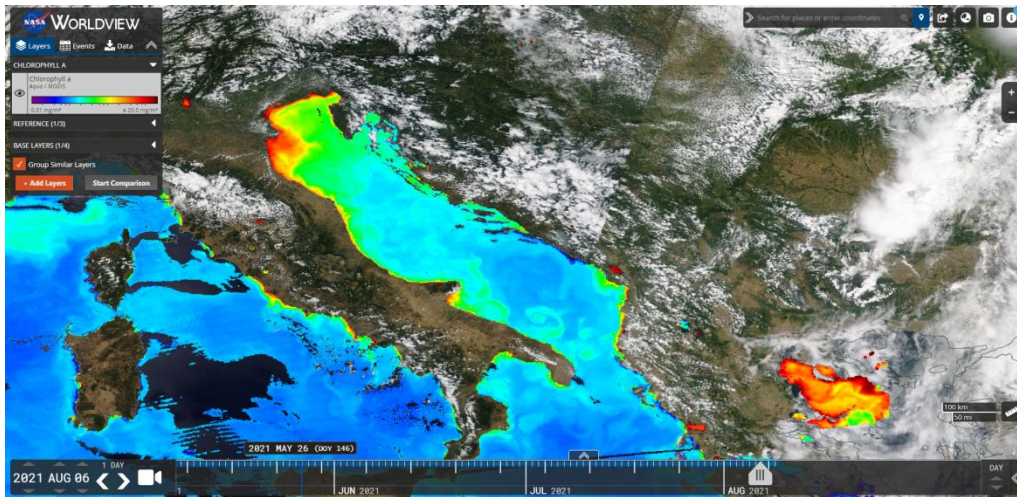
**Autor fotografije:** izv.prof.dr.sc.  
Zrinka Ljubešić

### 3.2.2 BIOMASA

Fitoplankton nije jednoliko raspoređen u moru. U nekim morima biomasa fitoplanktona, a time i primarna produkcija su među najvećima u biosferi, dok su neka mora vrlo siromašna biomasom. Biomasa fitoplanktona izražava se koncentracijom klorofila ili koncentracijom organskog ugljika u jedinici volumena vode. Koncentracija klorofila se mjeri pomoću fotospektrometra, nakon što se uzorak profiltrira membranskim filtrima različitim veličinama pora.

U novije vrijeme koriste se sateliti koji kruže oko Zemljine orbite koji sensorima i algoritmima procjenjuju količinu klorofila a ili primarnu produkciju u oceanima pomoću čega se određuje raspodjela pelagičke biomase (sl. 10).





**Slika 10.** Količina klorofila a, 06.08.2021.

**Izvor:** <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

### 3.3. MOLEKULARNE METODE

Razvojem novih tehnologija i metoda zadnjih desetljeća prvenstveno molekularne biologije dovodi do novih spoznaja evolucijskih odnosa, ekologije i testiranju morfološke taksonomije. Iako je danas od velikog značaja poznavanje morfologije stanica, iz dana u dan molekularne metode primaju sve više zasluga u istraživanju fitoplanktona.

Molekularne metode se uglavnom temelje na barkodiranju nukleinskih kiselina, DNA i RNA. Za identifikaciju planktona koristi se barkodiranje DNA molekule (Bucklin i sur. 2007, Webb i sur. 2006) . Cilj barkodiranja je korištenje kratkih sekvenci jednog ili nekoliko gena (uglavnom iz mitohondrija) za identifikaciju poznatih vrsta i pomoć pri otkrivanju novih.

Iako ponekad postoje neslaganja među znanstvenicima oko molekularnih i morfoloških metoda pri identificiranju vrsta, potrebno je sagledati oba pristupa prilikom determinacije.

Veliki značaj u istraživanju je imao hrvatski algolog Anto Jurilj (1910-1981) koji je poznat po otkrivanju mnogobrojnih vrsta dijatomeja. Jednaki značaj u istraživanju dijatomeja imaju i današnji znanstvenici koji opisuju značajni broj novih vrsta u Hrvatskoj (Gligora i sur. 2009, Mejdandžić i sur. 2017, 2018, Gligora Udovič i sur. 2018, Caput Mihalić i sur. 2019, Majewska i sur. 2019, 2020, Al-Handal i sur. 2020, Mucko i sur. 2020, Van de Vijver i sur. 2020).

2018. godine utemeljena je Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja i čini prvu zbirku trajnih mikroskopskih preparata u Hrvatskoj. Zbirka sadrži preko 1000 trajnih i 200 svježih preparata, među ovom bogatom zbirkom se nalazi 16 novo otkrivenih vrsta dijatomeja u Hrvatskoj. Zbirke poput ove su od iznimne važnosti za razumjevanje bioraznolikosti i raspodjelu dijatomeja u vremenu i prostoru hrvatskih voda.

### **3.4. ČIŠĆENJE LJUŠTURA DIJATOMEJA I KULTURE STANICA**

Za mikroskopiranje i analiziranje dijatomeja prethodno je potrebno pročistiti ljušturice dijatomeja od drugih organskih i anorganskih tvari. Poznato je nekoliko metoda čišćenja ljuštura od kojih su najpoznatije čišćenje s pomoću  $\text{KMnO}_4$  i s pomoću vodikova peroksida. Očišćeni materijal za izradu trajnih preparata se uklopi na stakalca pomoću smole koja se postupno zagrijava i suši nakon čega je preparat spreman za mikroskopiranje.

Prilikom taksonomskih istraživanja također su potrebne i kulture stanica. Kulture se održavaju u Elenmeyerovim tikvicama, epruvetama ili na krutom mediju. Neke vrste ne podnose stakleno posuđe te zahtijevaju plastično ili polietilno posuđe zbog čega je važno poznavanje biologije ispitivanih vrsta. Za održavanje kultura stanica potreban je opremljen laboratorij kako bi stvorili uvjete i hranjive medije slične prirodnim uvjetima u moru (Starr 1973). Izoliranje stanica za uspostavu kulture može se provesti na dva načina: izoliranje s pomoću mikropipeta i razrjeđivanjem prirodnog uzorka (Guillard 1973).



Ovisno o vrsti kulture potrebno je pripremiti odgovarajući hranjivi medij koji se priprema dodavanjem određenih volumena matičnih otopina koje sadrže razne nutrijente, metale i vitamine.

#### 4. OCEANOLOŠKA SVOJSTVA JADRANSKOG MORA

Rijeka Po kao najvažniji izvor slatke vode i hranjivih tvari u Jadranskom moru, Istočnojadranska struja koja donosi oligotrofnu vodu iz Sredozemnog mora, bura i jugo koji cirkuliraju more, krški reljef, specifičnost estuarija hrvatskih rijeka, svjetlost, temperatura i biološki čimbenici utječu na raspodjelu fitoplanktona, a tako i samih dijatomeja u Jadranskom moru (Chiaudani i sur. 1980, Degobbis i Gilmartin 1990).

U sjeverozapadnom dijelu Jadrana najvažniji izvor hranjivih tvari je rijeka Po koja od zapada prema istoku Jadrana stvara gradijent koncentracije hranjivih tvari, a samim time i raspodjelu planktona (Smodlaka 1986, Viličić 1991, Polimene i sur. 2006). Razvoj fitoplanktona direktno ovisi o dotoku rijeke Po gdje se najveći dotoci vode događaju u proljeće i jesen. Maksimum dotoka vode u proljeće je rezultat otapanja leda u Alpama dok je u jesen to posljedica učestalih jesenskih oborina (Viličić i sur. 2007, 2009).

Kretanje vodenih masa i struja ovise o vjetrovima, rotaciji Zemlje, reljefu morskoga dna i obale te izmjeni vode kroz Otrantska vrata (Orlić i sur. 1992, 1994, Penzar i sur. 2001). Dominantni vjetrovi na Jadranu su bura i jugo. Bura je jak, mahoviti, suhi i hladan vjetar koji puše sa sjeveroistoka. Učestalost bure opada od sjevera prema jugu, te je najizraženija od prosinca do ožujka gdje miješa vodeni stupac mora. Jugo je jugoistočni vjetar, puše uglavnom ravnomjerno u hladnijem dijelu godine u kanalima između kopna i otoka. Učestalost juga se povećava od sjevera prema jugu.

U Jadranskom moru su bitne cirkulacije od kojih najveću ulogu imaju Istočnojadranska i Zapadnojadranska struja (Zore-Armanda 1969, Orlić i sur. 1992, Gačić i sur. 1999, Poulain i Raicich 2001, Civitarese i Gačić 2001). Istočnojadranska struja donosi toplu i slanu vodu iz Jonskog mora uz istočnu obalu Jadrana (Zore-Armanda 1969). Uočeno je da za vrijeme pojačanog dotoka vode iz Jonskog mora dolazi do učestalih cvjetanja mora. Istočnojadranska struja zaokreće od vrha istarskog poluotoka prema zapadu. Uz Istočnojadransku struju, vjetrovi, rotacija Zemlje i rijeka Po utječu na stvaranje vrtloga oko Istre i

stvaranju Zapadnojadranske struje koja se pruža talijanskom stranom obale i često uzrokuje cvjetanja mora (Kuzmić i sur. 2006).

Povećana biomasa fitoplanktona se uočava u Jabučkoj kotlini i južnojadranskoj kotlini. Jabučka kotlina je zanimljiva po ulovu ribe, ali nema dovoljno znanstvenih podataka o primarnoj produkciji dok u južnojadranskoj kotlini u proljeće dolazi do kratkotrajnih cvjetanja mora zbog miješanja slojeva prilikom hlađenja površinskog sloja preko zime (Vrgoč i sur. 2004).

Prema svim istraživanjima istočni dio Jadrana je oligotrofno područje zbog krškog reljefa koje je siromašno hranjivim tvarima (Legović i sur. 1994). Samo se lokalno može utvrditi pojačan izvor organskih tvari zbog antropogenog utjecaja u blizini gradova i zbog rijeka koje su siromašne hranjivim tvarima, ali su opet za jedan stupanj bogatije od okolnog mora. Područja uz istočnu obalu Jadrana koji imaju određen stupanj eutrofikacije su Kaštelanski zaljev zbog antropogenog utjecaja, estuarij rijeke Krke kod koje je donos terigenog materijala relativno nizak, estuarij Zrmanje koja je oligotrofna rijeka, ali jedini izvor organskih čestica u Velebitskom kanalu, estuarij Omble, Malostonski zaljev, Gruški zaljev i drugi.

Redovna istraživanja se samo provode u sjevernom Jadranu i Kaštelanskom zaljevu, dok se na ostalim lokalitetima ne provode kontinuirano što ne daje dovoljno podataka za određene procjene fitoplanktona u istočnom dijelu Jadranskog mora.

## 5. CVJETANJE MORA

Cvjetanje mora je pojava naglog razmnožavanja cijanobakterija ili algi. Javlja se u proljeće ili ljeti, ako se u moru dotokom s kopna, oborinama, „upwellingom“, ili antropogenim učinkom pojavi višak hranjivih soli - fosfata, nitrata, nitrita i silikata. Na cvjetanje utječe niz čimbenika kao što su temperatura, salinitet, osvjetljenost, vjetrovi, morske struje te struktura obale. Za cvjetanje su posebno pogodni zatvoreni dijelovi mora, zaljevi i kanali gdje je slabiji protok vode i gdje dolazi do brzih zagrijavanja. Prva zabilježena pojava cvjetanja mora u Jadranu su zabilježena u okolici Trsta i praćena je stvaranjem sluzavih agregata na morskoj površini koja su poznata pod imenom „morski snijeg“ (Suzuki i Kato 1953).

Poznato je da gotovo sve dijatomeje koje formiraju kolonije luče mukozne supstance. Povećanjem broja dijatomeja i drugih algi dolazi do pojave velikih sluzavih agregata koji mogu postojati do 2-3 mjeseca te pokrivati velike površine morskog dna (Hernl, Peduzzi 1988, Giani i sur. 1992, Herndl 1992). Štetnosti sluzavih agregata nastaju kad se iscrpe sve količine hranjivih tvari što dovodi do ugibanja algi i cijanobakterija. Tu veliku količinu nežive organske tvari razgrađuju aerobne bakterije uz potrošnju kisika. Koncentracija kisika tada opada te dolazi do hipoksičnih, a ponekad i anoksičnih uvjeta što otežava održavanje života riba i drugih morskih organizama (Precali i sur. 2005).

Osim hipoksičnih i anoksičnih uvjeta koje donosi cvjetanje mora još jedna negativna strana je povećana abundancija toksičnih dinoflagelata i dijatomeja. Poznato je 11 vrsta toksičnih dijatomeja roda *Pseudo-nitzschia* koje luče snažni neurotoksin – domoičnu kiselinu (DA) (Quiroga 2006). Dijatomeje roda *Pseudo-nitzschia* su penatnog oblika i kozmopolitske rasprostranjenosti pronađene u gotovo svim morima. DA se veže za željezo, stoga pri velikim koncentracijama željeza u moru *Pseudo-nitzschie* pojačano luče DA (Bates i sur. 1998). Velike količine DA u moru mogu privremeno ugroziti akvakulture školjkaša koje filtriraju okolnu vodu. Trovanje kod ljudi može doći pri konzumaciji kontaminiranih riba i školjaka. Simptomi trovanja domoičnom kiselinom su grčevi u trbuhu, povraćanje, dezorijentacija, gubitak pamćenja te moguća i smrt. U

Kanadi 1987. godine od trovanja domoične kiseline umrlo je troje ljudi nakon konzumiranja kontaminiranih dagnji (Perl i sur. 1990, Todd 1993).

Posljednjih godina u sjevernom dijelu Jadrana došlo je do promjena u učestalosti cvjetanja mora. Razlog tomu je porast temperature (Russo i sur. 2002) i saliniteta (Russo i sur. 2002, Solidoro i sur. 2009) te jasno smanjena koncentracija fosfata i amonijaka koja dolazi iz rijeke Po (Solidoro i sur. 2009). Manje koncentracije fosfata koji dolaze rijekom Po su vjerojatno posljedica donedavno novih direktiva o smanjenim količinama fosfata u sapunima, deterdžentima i drugim pripravcima.



**Slika 11.** Cvjetanje mora

**Izvor:** <https://morski.hr/2021/06/08/cvjetanje-mora-sve-cesca-pojava-ciji-uzroci-u-jadrano-nikad-do-kraja-nisu-razjasnjeni/>

## **6. UPOTREBA DIJATOMEJA U LJUDSKE SVRHE**

Dijatomeje osim što imaju jednu od glavnih uloga u primarnoj proizvodnji i kruženju tvari u moru, čovjek je pronašao razne prednosti dijatomeja koje mu koriste u mnogim aspektima života. Alge kremenjašice pomažu čovjeku u rješavanju kriminalističkih slučajeva, izradi dinamita, filtriranju vode i raznih kemikalija te se koristi kao dodatak prehrani.

### **6.1. DIJATOMEJSKA ZEMLJA**

Dijatomejska (kremena) zemlja dobiva se iz naslaga fosiliziranih sedimentnih dijatomeja, mnoge naslage su nastale prije najmanje 20 milijuna godina u miocenskim morima i jezerima. Pod visokim tlakom naslage kućica dijatomeja formiraju metamorfne stijene dijatomite koje u većem dijelu sadrže opal ili kalcedon. Brzina taloženja dijatomejske zemlje je oko 30 centimetara u 20 000 godina (Quarles, 1992). Zbog velike moći upijanja kremena zemlja se koristi pri filtraciji vode, pića i kemikalija te u novije vrijeme se koristi kao dodatak prehrani. Prvotno dijatomejska zemlja se koristila pri izradi dinamita 1865. godine (Cummins 1975). Dinamit je izumio švedski kemičar Alfred Nobel koji je u početku koristio čisti nitroglicerol koji je bio hlapljiv i nestabilan prilikom korištenja što ga je činilo beskorisnim kao komercijalni eksploziv. Da bi riješio ovaj problem, Nobel ga je pokušao kombinirati s drugim tvarima koje bi ga učinile sigurnim za transport i rukovanje, ali ipak ne bi smanjile njegovu učinkovitost kao eksploziva. Na kraju je to uspio sa dijatomejskom zemljom koja ima ulogu apsorbensa.

Danas se dijatomejska zemlja koristi kao sastojak raznih insekticida. Dijatomejska zemlja je oblik amorfnog silicijevog dioksida koji ubija kukce isušivanjem. Isušivanje se ne događa na način da zemlja upija vodu, već upija voštani vanjski sloj kutikule kukaca. Abrazija kutikule dovodi do gubitka vode što u konačnici rezultira smrću kukca (Quarles, 1992).

## 6.2. DIJATOMEJE U FORENZICI

Prilikom pronalaska mrtvog tijela u vodi glavni zadatak forenzičke prakse je odrediti uzrok smrti. Teško je utvrditi je li smrt uslijedila utapanjem ili nekim drugim čimbenikom s obzirom da znakovi potapanja često ukazuju na to da je tijelo bilo pod vodom, ali ne i da je osoba zaista utopljena. Disanje je proces izmjene plinova koji je djelomično pod našom voljom. Prilikom utapanja i prekida normalnog disanja dolazi do povećanja koncentracije ugljikova dioksida u tjelesnim tekućinama što je uzrok promjene acidobazne ravnoteže. Niski pH tjelesnih tekućina podražuje centar za disanje što rezultira refleksnim udahom. Voda tako prisilno ulazi u plućne šupljine, a s vodom ulazi razni sediment i mikroorganizmi. Voda stvara dodatan pritisak na plućne alveole što dovodi do razaranja sitnih kapilara koje okružuju alveole. Kroz razorene kapilare sitni mikroorganizmi prodiru u krvotok i rasprostiru se u druge organe (Lunetta i sur. 1998). Obzirom da su dijatomeje građene od kremenih ljušturica one ostaju najduže te ih je najlakše izolirati iz tkiva. Ako je voda udahnuta dok je osoba bila živa, dijatomeje se mogu izolirati iz krvi, koštane srži te drugih perifernih organa. Također izolirane dijatomeje se uspoređuju sa uzorkom algi iz vode kako bi se mogla odrediti lokacija utapanja.

Iako ispitivanje dijatomeja ima važnu ulogu u slučajevima utapanja potrebno je razvijati učinkovitije metode za identifikaciju i klasifikaciju dijatomeja, jer je tradicionalno ispitivanje dijatomeja dugotrajan i zahtjevan zadatak koji zahtjeva iskusne poznavatelje vrsta.

## LITERATURA

- Al-Handal A. Y., Mucko M., Wulff A. (2020): *Entomoneis annagodhei* sp. nov., a new marine diatom (Entomoneidaceae, Bacillariophyta) from the west coast of Sweden. *Diatom Research* 35, 269–279.
- Amin S. A., Parker M. S., Armbrust E. V. (2012): *Microbiol. Mol. Biol.* 667-684
- Bates S. S., Garrison D. L., Horner R. A. (1998): Bloom Dynamics and Physiology of Domoic-Acid- Producing Pseudo-nitzschia Species, Anderson, D.M., A.D. Cembella, and G.M. Hallegraeff. *Physiological ecology of harmful algal blooms*, 267-292
- Bucklin A., Wiebe P. H., Smolenack S. B. (2007): DNA barcodes for species identification of euphausiids (Euphausiacea, Crustacea), *J. Plankton Res.*, vol. 29, 483-493
- Burki F., Shalchian-Tabrizi K., Minge M., Skjaeveland A., Nikolaev S. I., Jakobsen K. S., Pawlowski J. (2007): *PLoS ONE*, 2, 790
- Caput Mihalić K., Gligora Udovič M., Galović I., Stanković I., Šušnjara M., Žutinić P., Kulaš A., Špoljarić I., Levkov Z. (2019): *Tetramphora croatica* sp. nov. - A new brackish-water species from Lake Vransko, Croatia. *Phytotaxa* 401, 276–286.
- Chiaudani G., Marchetti R., Vighi M. (1980.): Eutrophication in Emilia – Romagna coastal waters (North Adriatic Sea, Italy): A case hystory. *Progress in water technology*, 12, 185 – 192
- Civitaresi G. i Gačić, M. (2001): Had the eastern mediterranean transient an impact on the new production in the southern Adriatic. *Geophysical research letters*, 28, 1627 – 1630
- Cummins A. B. (1975): *Terra Diatomacea*. Johns-Manville Co., Greenwood Plaza, Denver, CO
- Degobbi D., Gilmartin M. (1990): Nitrogen, phosphorus and biogenic silicon budgets for the northern Adriatic Sea. *Oceanologica acta*, 13, 31 – 45
- Dubelaar G. B. J., Jonker R.R. (2000): Flow cytometry as a tool for the study of phytoplankton. *Sci. Mar.* 64, 135-156
- Field C. B., Behrenfeld M. J., Randerson J. T., and Falwoski P. G. (1998): Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281, 237–240



Fogg G. E. (1995): Some speculations on the nature of the pelagic mucilage community of the northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment* 165: 59–63

Gačić M., Civitarese G., Ursella L. (1999): Spatial and seasonal variability of water and biochemical fluxes in the Adriatic Sea. In: Malanotte–Rizoli P., Eremeev V. N., *The eastern Mediterranean as a laboratory basin for the assessment of contrasting ecosystems*, 335–357. Kluwer Academic Publ., Amsterdam

Grattepanche J. D., Walker L. M., Ott B. M., Paim Pinto D. L., Delwiche C. F., Lane C. E., Katz L. A. (2018): Microbial Diversity in the Eukaryotic SAR Clade: Illuminating the Darkness Between Morphology and Molecular Data

Geitler L. (1973): Auxospore formation and systematics in pennate diatoms and cytology of cocconeis races. *Osterr Bot Zeit* 122, 299-321

Giani M., Cicero A. M., Savelli F., Bruno M., Donati G., (1992): Marine snow in the Adriatic Sea: A multifactorial study. *Science of the Total Environment* (suppl.)539– 550

Gligora M., Kralj K., Plenković-Moraj A., Hinz F., Acs E., Grigorszky I., Cocquyt C., Van de Vijver B. (2009): Observations on the diatom *Navicula hedinii* Hustedt (Bacillariophyceae) and its transfer to a new genus *Envekadea* Van de Vijver et al. gen. nov. *European Journal of Phycology* 44, 123–138.

Gligora Udovič M., Žutinić P., Kavre Piltaver I., Kulaš A., Ozimec R., Tofilovska S. (2018): *Gomphosphenia plenkoviciae* sp. nov. A new species from Crveno jezero, Croatia. *Phytotaxa* 351, 229–238.

Guillard R. R. L. (1973): Methods for microflagellates and nanoplankton. In: Stein J. R. *Handbook of phycological methods*. Cambridge University Press, Cambridge, 69-86

Hasle G. R. (1978): The inverted - microscope method. In: Sournia A., *Phytoplankton manual*, UNESCO, Paris, 88-96

Herndl G. J., Peduzzi P. (1988): Ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic sea: I general considerations. *PSZNI Marine Ecology* 9: 79–90

Herndl G. J. (1992): Marine snow in northern Adriatic Sea: possible causes and consequences for a shallow ecosystem. *Marine Microbial Food Webs* 6: 149–172

Kuzmić M., Janeković I., Book J. W., Martin P. J., Doyle J. D. (2006): Modeling the northern Adriatic doublegyre response to intense bora wind: A revisit. *Journal of geophysical research oceans*, 111, S313

- Legović T., Žutić V., Gržetić Z., Cauwet G., Precali R., Viličić D. (1994): Eutrophication in the Krka estuary. *Marine chemistry*, 46, 203 – 215
- Lewis W. M. (1983): Interruption of synthesis as a cost of seks in small organisms. *Am Nat* 121, 825-833
- Loeblich III A. R., Sherley J. L. (1979): Observations on the theca of demotile phase of free-living and symbiotic isolates of *Zooxanthella microadriatica* comb. nov. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 59,195-205
- Loeblich III A. R. (1982): General characteristic of phytoplankton: dinoflagelates. In: Zaborsky O. R., Mitsui A., Black C. C., *CRC handbook of biosolar resources*, Vol. I, part 2, basic principles, CRC Press, Boca Raton, Florida, 37-47
- Lunetta P, Penttilä A, Hällfors G. (1998): Scanning and transmission electron microscopical evidence of the capacity of diatoms to penetrate the alveolo-capillary barrier in drowning. *Int J Legal Med.* 111:229–237
- Majewska R., Ashworth M. P., Bosak S., Goosen W. E., Nolte C., Filek K., Van de Vijver B., Taylor J. C., Manning S. R., Nel R. (2020): On sea turtle-associated *Craspedostauros* (Bacillariophyta), with description of three novel species. *Journal of Phycology*, doi:10.1111/jpy.13086
- Majewska R., Bosak S., Frankovich T. A., Ashworth M. P., Sullivan M. J., Robinson N. J., Lazo-Wasem E. A., Pinou T., Nel R., Manning S. R., Van de Vijver B. (2019): Six new epibiotic *Proschkinia* (Bacillariophyta) species and new insights into the genus phylogeny. *European Journal of Phycology* 54, 609–631.
- Mann D. G. (1996): Chloroplast morphology, movements and inheritance in diatoms. In BR Chaudhary, SB Agrawal, eds, *Cytology, Genetics and Molecular Biology of Algae*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 249–274
- Mejdandžić M., Bosak S., Orlić S., Gligora Udovič M., Peharec Štefanić P., Špoljarić I., Mršić G., Ljubešić Z. (2017): *Entomoneis tenera* sp. nov., a new marine planktonic diatom (Entomoneidaceae, Bacillariophyta) from the Adriatic Sea. *Phytotaxa* 282, 1–18.
- 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
- Moreira-Turcq P., Martin J. M., Fleury A., (1993): Chemical and biological characterization of particles by flow cytometry in the Krka estuary, Croatia *Mar. Chem.* 115-126

- Mucko M., Bosak S., Mann D. G., Trobajo R., Wetzel C. E., Peharec Štefanić P., Ljubešić Z., (2020): A polyphasic approach to the study of the genus *Nitzschia* (Bacillariophyta): three new planktonic species from the Adriatic Sea. *Journal of Phycology*, doi:10.1111/jpy.13085
- Orlić M., Gačić M., Laviolette P. E. (1992): The currents and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanologica acta*, 15, 109 – 124
- Orlić M., Kuzmić M., Pasarić Z. (1994): Response of the Adriatic Sea to bora and sirocco forcing. *Continental shelf research*, 14, 91 – 116.
- Penzar B., Penzar I., Orlić M. (2001): *Vrijeme i klima na hrvatskom Jadranu*, Feletar, Zagreb
- Perl T. M., Bédard L., Kosatsky T., Hockin J. C., Todd E., Remis R. S. (1990): An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. *New England J. Med.* 322: 1775-1780
- Polimene L., Pinardi N., Zavatarelli M., Colella S. (2006): The Adriatic Sea ecosystem seasonal cycle: Validation of a three-dimensional numerical model. *Journal of geophysical research oceans*, 111, C03S19
- Poulain P.–M., Raicich, F.(2001): Forcings. In: Cushman– Roisin B., Gačić M., Poulain P.–M., Artegiani A., *Physical oceanography of the Adriatic Sea*, 45–65
- Precali R., Giani M., Marini M., Grilli F., Ferrari C. R., (2005): Mucilaginous aggregates in the Northern Adriatic in the period 1999–2002: typology and distribution. *Science of the Total Environment* 353: 10–23
- Quarles W. (1992) *Diatomaceous Earth for Pest Control*. *The IPM Practitioner*, 14, 1-11
- Quiroga I. (2006): *Pseudo-nitzschia* blooms in the Bay of Banyuls-sur-Mer, northwestern Mediterranean Sea
- Raven J. (1983): The transport and function of silicon in plants. *Biol rev Cambridge philos Society* 58, 179-207
- Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G. (1992): *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge
- Russo A., Rabitti S., Bastianini M. (2002): Decadal climatic anomalies in the northern Adriatic Sea inferred from a new oceanographic data set. *P.S.Z.N. Marine Ecology* 23 (1), 340-351
- Sarthou G., Timmermans K.R., Blain S., Treguer P. (2005): Growth psysiology and fate of diatoms in the ocean: a review. *J. Sea Res.* 25-42.

- Scala S., and Bowler C. (2001): Molecular insights into the novel aspects of diatom biology. *Cell. Mol. Life Sci.* 58, 1666–1673
- Smolika N. (1986): Primary production of the organic matter as an indicator of the eutrophication in the northern Adriatic Sea. *Science of the total environment*, 56, 211 – 220
- Solidoro C., Bastianini M., Bandelj V., Codermatz R., Cossarini G., Melaku Canu D., Ravagnan E., Salon S., Trevisan S. (2009): Current state, scales of variability, and trends of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research* 114. doi:10.1029/2008JC004838.
- Starr R. C. (1973): Apparatus and maintenance. In: Stein J. R., *Handbook of psychological methods*, Cambridge University Press, Cambridge, 171-180
- Suzuki N., Kato K. (1953): Studies on suspended materials. Marine snow in the sea. I. Sources of marine snow. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 4, 132—135
- Todd E. C. D. (1993): Domoic acid and amnesic shellfish poisoning - a review. *J. Food Protection* 56: 69-83
- Utermöhl H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. 1-38
- Van den Hoek C., Mann D.G., Jahns H. (1995): *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press, London
- Van de Vijver B., Robert K., Witkowski A., Bosak S. (2020): *Majewskaea* gen. nov. (Bacillariophyta), a new marine benthic diatom genus from the Adriatic Sea. *Fottea* 20, 112–120.
- Veldhuis M. J. W., Kraay G.W. (2000): Application of flow cytometry in marine phytoplankton research: current applications and future perspectives. *Sci. Mar.* 64, 121-134
- Venrick E. L. (1978): How many cells to count? In: Sournia A., *Phytoplankton manual*, UNESCO, Paris. 167-180
- Viličić D. (1991): A study of phytoplankton in the Adriatic Sea after the July 1984 bloom. *Internationale revue der gesamten hydrobiologie*, 76, 197-211
- Viličić D., Marasović I., Mioković D. (2002): Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea
- Viličić D., Bosak S., Burić Z., Caput-Mihalić K. (2007): Phytoplankton seasonality and composition along the coastal NE Adriatic Sea during the extremely low Po River discharge in 2006. *Acta botanica Croatica*, 66, 101 - 115

Viličić D., Đakovac T., Burić, Z.; Bosak, S. (2009): Composition and annual cycle of phytoplankton assemblages in the northeastern Adriatic Sea. *Botanica marina*, 52, 291 – 305

Vrgoč N., Arneri E., Jukić-Peladić S., Krstulović Šifner S., Mannini P., Marčeta, B.; Osmani, K.; Piccinetti C.; Ungaro, N. (2004.): Review of current knowledge on shared demersal stocks of the Adriatic Sea. *AdriaMed technical document 12*, 1-91

Webb K. E., Barnes D. K. A., Clark M. S. (2006): DNA barcoding: a molecular tool to identify Antarctic marine larvae, *Deep-Sea Res. II*, vol. 53, 1053-1060

Zore – Armanda M. (1969): Water exchange between the Adriatic and the eastern Mediterranean. *Deep-sea research*, 16, 171 – 178

## **SAŽETAK**

Najveći broj eukariotskog fitoplanktona koji obitava u Jadranu je iz skupine dijatomeja. Pretpostavlja se da postoji preko 12,500 vrsta dijatomeja i odgovorne su za 40% primarne proizvodnje u morima te čine gotovo polovicu organskog materijala koji se nalazi u oceanima. Ljušturice su njihovo pravo obilježje koje se preklapaju poput kutije i poklopca. Reproductivni ciklus dijatomeja odvija se izmjenom spolnog i nespornog razmnožavanja. Naglim razmnožavanjem algi dolazi do cvjetanja mora koje dovodi do hipoksičnih uvjeta i razvoja toksičnih dinoflagelata i dijatomeja koje imaju negativan utjecaj na vodeni okoliš. Iako dijatomeje imaju ogroman utjecaj na cijeli ekosustav, znanje o njihovoj biologiji i ekologiji je nedostavno. Potrebno je više ulagati u ispitivanja i istraživanja Jadranskoga mora te ulagati u znanje i interes novih budućih stručnjaka.

## **SUMMARY**

Diatoms make up the largest number of eukaryotic phytoplankton living in the Adriatic sea. It is estimated that there are over 12,500 species of diatoms which are responsible for 40% of primary production and make up almost half of the organic material in the oceans. Their real feature are shells that overlap like a box and lid. Diatoms reproduce by alternating sexual and asexual reproduction. The rapid reproduction of diatoms leads to the red tide in sea. Red tide leads to hypoxic conditions and development of toxic diatom and dinoflagellate, which have a negative impact on the aquatic environment. Although diatoms have a huge impact on the entire ecosystem, knowledge of their biology is insufficient. It is necessary to invest more in research of the Adriatic Sea and to invest in the knowledge of new future diatom experts.

**KLJUČNE RIJEČI:**

Dijatomeje, fitoplankton, Jadransko more, ekologija, cvjetanje mora.

**KEYWORDS:**

Diatoms, phytoplankton, Adriatic sea, ecology, red tides.