Mikroplankton u Južnojadranskoj kotlini

Raos, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:668573

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek

Petra Raos

MIKROPLANKTON U JUŽNOJADRANSKOJ KOTLINI

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog istraživačkog studija ekologije i zaštite prirode pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Sunčice Bosak. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre ekologije i zaštite prirode.

Zahvala:

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Sunčici Bosak na uloženom vremenu, strpljenju, srdačnosti i korisnim savjetima koji su mi pomogli u izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se i djelatnicima laboratorija za biološku oceanografiju pod vodstvom doc. dr. sc. Zrinke Ljubešić na pomoći i ugodnoj atmosferi tijekom mog boravka u tom laboratoriju, te prof. dr. sc. Davoru Lučiću sa Instituta za more i priobalje u Dubrovniku na ustupljenim uzorcima i podacima za mikrozooplankton koji su korišteni u ovom radu. Ovaj diplomski rad izrađen je u sklopu Uspostavnog projekta Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) br. 6433 „Bio-tracing Adriatic water masses (BIOTA)“

Također, zahvaljujem se svojim kolegama i prijateljima, prvenstveno Matei Tarabene i Mateu Milošu koji su bili uz mene od prvog dana mog studija, te posebno hvala Brunu Maroviću koji mi je bio podrška i tjerao me dalje kad sam mislila da ne mogu. Bez vas sve ovo ne bi bilo ni upola lako i zabavno.

I naposlijetku najveću zaslugu za ono što sam postigla pripisujem svojoj obitelji, bratu i sestri te posebno mami i tati. Hvala vam na ljubavi, podršci, odricanjima i svemu što ste napravili da bih ja bila ovdje gdje sam danas.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno - matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

MIKROPLANKTON U JUŽNOJADRANSKOJ KOTLINI

Petra Raos
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Plankton su organizmi u slobodnoj vodi koji se pasivno prenose morskim strujama. U ovom radu naglasak je stavljen na veličinsku frakciju planktona između 20-200 µm odnosno mikrofitoplankton i mikrozooplankton. Glavni ciljevi ovog istraživanja bili su: (i) prikazati sastav, brojnost i distribuciju mikroplanktona u Južnojadranskoj kotlini, (ii) utvrditi razliku u brojnosti pojedinih skupina mikroplanktona između istraživanih postaja te (iii) razmotriti utjecaj fizikalno-kemijskih parametara na prostornu distribuciju skupina. Istraživanje je provedeno u Južnojadranskoj kotlini u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. godine na 13 postaja duž dva transekta. Uzorci su sakupljeni pomoću planktonske mreže i Niskinovog crpca te analizirani pomoću Zeiss Axiovert 200 invertnog mikroskopa i Olympus IMT-2 invertnog mikroskopa. Tijekom ovog istraživanja određena je 131 svojta mikrofitoplanktona. Rezultati su pokazali da nema razlika između uzorkovanih postaja s obzirom na sastav mikrofitoplanktona i mikrozooplanktona. Različitim skupinama mikrofitoplanktona i mikrozooplanktona odgovaraju različiti ekološki uvjeti u vodenom stupcu, prvenstveno koncentracija nutrijenata, što se odražava na njihovu distribuciju. Tijekom istraživanja dijatomeje su bile dominantna zajednica mikrofitoplanktona u fotičkoj i afotičkoj zoni, te su pronađene na dubinama do 500 m. Također su zabilježene i najveće vrijednosti brojnosti mikrozoplanktona za otvorene vode Južnog Jadrana tijekom zimskog perioda.

58 stranica, 29 grafičkih priloga, 6 tablica, 65 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Rad je pohranjen u Centralnoj biološkoj biblioteci Prirodoslovno - matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska.
Ključne riječi: Mikrofitoplankton, mikrozooplankton, duboka konvekcija, Jadransko more

Voditelj: Dr.sc. Sunčica Bosak, doc.
Ocjenjivači: Dr.sc. Sunčica Bosak, doc.
Izv.prof.dr.sc. Petar Kružić
Dr.sc. Duje Lisičić, doc.
Zamjena: Dr.sc. Marija Gligora Udovič, doc.

Rad prihvaćen:

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation Thesis

MICROPLANKTON FROM SOUTHERN ADRIATIC PIT

Petra Raos
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

ABSTRACT

Plankton refer to free-floating organisms suspended in the water column that have little or no resistance to water current. Within this study, emphasis is placed on a plankton size fraction between 20-200 microns or microphytotoplankton and microzooplankton. The main objectives of this thesis are: (i) to investigate composition, abundance and distribution of microplankton in South Adriatic Pit, (ii) to determine the differences in the abundance of microplankton groups between the studied sites and (iii) to explore the relationship between physico-chemical parameters and the spatial distribution of diverse microplankton groups. The study was conducted in South Adriatic in the period from 28 February to 3 March 2015 at 13 stations along two transects. Samples were collected using plankton nets and Niskin samplers and analyzed using Zeiss Axiovert 200 and Olympus IMT-2 inverted microscope in order to obtain data on the taxonomic affiliation and abundances of individual microplankton groups. The results showed that there is no great difference between the sampled stations regarding the composition of microphytoplankton and microzooplankton. Different microphytoplankton and microzooplankton groups showed preferences toward different environmental conditions primarily to the nutrient concentrations which is then reflected in their distribution in the water column. The microphytoplankton community was strongly dominated by diatoms found up to 500 m of depth. The results showed 131 different microphytoplankton species. The highest abundances of microzooplankton in the open waters of the Southern Adriatic Sea during the winter period were recorded.

58 pages, 29 figures, 6 tables, 65 references; original in Croatian

Thesis deposited in Central Biology Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia.
Keywords: Microphytoplankton, microzooplankton, deep convection, Adriatic Sea

Supervisor: Dr. Sunčica Bosak, Assistant Professor
Reviewers: Dr. Sunčica Bosak, Assistant Professor
Dr. Petar Kružić, Associate Professor
Dr. Duje Lisičić, Assistant Professor
Replacement: Dr. Marija Gligora Udovič, Assistant Professor

Thesis accepted:

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. SASTAV ZAJEDNICA MIKROFITOPLANKTONA 1

1.1.1. Dijatomeje 1

1.1.2. Dinoflagelati 2

1.1.3. Ostale skupine mikrofitoplanktona u morima 2

1.2. ULOGA MIKROFITOPLANKTONA U HRANIDBENOJ MREŽI 3

1.3. SASTAV ZAJEDNICA MIKROZOOPLANKTONA 4

1.3.1. Trepetljikaši 4

1.3.2. Veslonošci (razvojni stadiji)i meroplanktonske ličinke 5

1.4. ULOGA MIKROZOOPLANKTONA U HRANIDBENOJ MREŽI 5

1.5. JADRANSKO MORE 6

1.6. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MIKROPLANKTONA JUŽNOG JADRANA 7

1.7. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 7

2. MATERIJALI I METODE 9

2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 9

2.2. UZORKOVANJE 9

2.3. ANALIZA UZORAKA 10

2.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA 11

3. REZULTATI 12

3.1. FIZIKALNI I KEMIJSKI PARAMETRI ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 12

3.1.1 Temperatura i salinitet 12

3.1.2. Gustoća morske vode i koncentracija otopljenog kisika 15

3.1.3. Klorofil *a* i fitoplankton 19

3.1.4. Nutrijenti 23

3.2. MIKROFITOPLANKTON 30

3.3. MIKROZOOPLANKTON 39

4. RASPRAVA 49

5. ZAKLJUČCI 52

6. LITERATURA 53

7. ŽIVOTOPIS 58

1. UVOD

Planktonski organizmi su jedan od dva osnovna tipa organizama u pelagičkom okolišu čije su sposobnosti kretanja takve da se ne mogu kretati protiv struja nego se strujama pasivno prenose u vodenom stupcu (Lalli i Parsons, 1993). Plankton možemo klasificirati prema nekoliko kriterija od kojih su najčešći na osnovi bioloških osobina te veličine. Prema biološkim osobinama razlikujemo četiri skupine planktona: fitoplankton, zooplankton, bakterioplankton i virioplankton, a prema veličini razlikujemo: femtoplankton (0.02-0.2 µm), pikoplankton (0.2-2 µm), nanoplankton (2-20 µm), mikroplankton (20-200µm), mezoplankton (0.2-20 mm), makroplankton (20-200 mm) i megaplankton (200-2000 mm) (Sieburth i sur., 1978). Plankton obuhvaća holoplanktonske organizme koji cijeli svoj životni ciklus provode u vodenom stupcu te meroplanktonske organizme koji jedan dio životnog ciklusa provode kao plankton nakog čega prelaze u nektonski, bentoski ili sesilni oblik. U ovom radu naglasak je stavljen na mikrofrakciju planktona odnosno mikrofitoplankton i mikrozooplankton.

1.1. SASTAV ZAJEDNICA MIKROFITOPLANKTONA

1.1.1. Dijatomeje

Dijatomeje su jednostanični fotoautotrofni organizmi, iz skupine stramenopiles, čija je glavna karakteristika stanična stijenka izgrađena od silicija koja se naziva frustula, tj. ljušturica (Lalli i Parsons, 1993). Frustula dijatomeja sastoji se od dvije preklapajuće valve. Na površini valvi mogu se razlikovati costae i striae. Striae su redovi malih pora (areola). Između redova areola nalazimo zadebljale silificirane dijelove koje se nazivaju costae. Morfološka analiza ornamentacije valve služi kao taksonomski kriterij u identifikaciji dijatomeja (Not *i sur.*, 2012). Dijatomeje predstavljaju jednu od najraznolikijih grana eukariota s više od sto tisuća vrsta (Mann i Droop, 1996). Nalazimo ih u morskim, slatkovodnim i vlažnim kopnenim staništima i stoga ne čudi što se dijatomeje intenzivno proučavaju od vremena kada je mikroskop postao dostupan (Not *i sur.*, 2012). S obzirom na karakteristike simetrije ljušturice dijatomeje se dijele na centrice (Centrales) koje imaju radijalnu ljušturicu i penatne dijatomeje (Pennales) čija je ljušturica bilateralno simetrična. Centrice se dalje dijele na

radijalne centrice (Coscinodiscophyceae) s potpuno radijalno simetričnom ljušturicom, te bipolarne/multipolarne centrice (Mediophyceae) koje mogu imati trokutasti, zvjezdoliki ili izduženi oblik (Not *i sur.*, 2012). Penatne dijatomeje (Bacillariophyceae) se dalje dijele na rafidne koje posjeduju uzdužnu pukotinu ili rafu, koja omogućava pokretanje, te arafidne koje ne posjeduju rafu (Lalli i Parsons, 1993).

1.1.2. Dinoflagelati

Većina dinoflagelata, njih 80%, su slobodno živući morski, planktonski ili bentički organizmi dok ostatak nastanjuje slakovodna staništa (Taylor *i sur.*, 2008). Mogu biti fotoautrotrofni, heterotrofni ili miksotrofni, dok neki žive kao paraziti ili simbionti (Taylor *i sur.*, 2008). Dinoflagelati posjeduju karakterističnu jezgru s trajno kondenziranim kromosomima (dinokarion) i dva biča pomoću kojih se pokreću (Not *i sur.*, 2012). Općenito se dijele na oklopljene, tekatne vrste koje imaju celuloznu staničnu stijenku, teku i na neoklopljene vrste kojima teka nedostaje. Taksonomski su podijeljeni na Dinopyceae, veliku grupu dinoflagelata koja posjeduje dva ventralno smještena biča: jedan smješten transverzalno u poprečnoj brazdi (cingulumu), a drugi longitudinalno u uzdužnoj brazdi (sulcusu), te Desmophyceae, manji broj vrsta kod kojih oba biča izlaze iz prednjeg dijela stanice (Lalli i Parsons, 1993). Najveća brojnost dinoflagelata zabilježena je u estuarijima i obalnim morima gdje prevladavaju visoke koncentracije nutrijenata donešenih s kopna ili porijeklom od uzdizanja pridnene vode (eng. upwelling) iz dubokog mora (Not *i sur.*, 2012). Koristeći bičeve dinoflagelati se kreću kao odgovor na kemijske podražaje, fizičke promjene, gravitaciju i svjetlost i zbog toga su sposobni pronaći optimalne uvjete za rast i preživljavanje u nepovoljnim uvjetima (Not *i sur.*, 2012). Neke vrste dinoflagelata su štetne za ljude i druge morske organizme jer proizvode toksine, a druge uzrokuju hipoksiju, anoksiju ili mehanička oštećenja morske faune. Konačno, neki dinoflagelati uključujući i vrste koje proizvode toksine mogu uzrokovati velika cvjetanja "crvene plime" koje imaju negativan utjecaj na gospodarske aktivnosti u obalnom području (Hallegraeff, 2004, 2010).

1.1.3. Ostale skupine mikrofitoplanktona u morima

Od ostalih skupina u mikrofitoplanktonu mora najčešće se nalaze silikoflagelati, kokolitoforidi te euglenofita. Silikoflagelati su jednostanični protisti raspona veličine od 5 do 50 µm, a ponekad i do 500 µm (Silva, 1980). Obično se pojavljuju zajedno sa dijatomejama u

vodenom stupcu i slične su veličine. Njihovi skeleti građen od amorfnog opala odlikuju se jednostavnim geometrijskim okvirima izgrađenih od šupljih šipki koje čine bazalni prsten i apikalne stukture (McCartney *i sur.*, 2010). Silikoflagelati su uobičajene vrste u morskim planktonskim i bentičkim staništima. Uzrokuju cvjetanja koja su uglavnom bezopasna, ali se nekoliko takvih cvjetanja dovelo u vezu s pomorom riba iako toksini nisu identificirani (Silva, 1980).

Kokolitoforidi su jednostanični organizmi čija je glavna karakteristika vanjska ljušturica sastavljena od velikog broja kalcitnih pločica koje se nazivaju kokoliti. Oblik i raspored kokolita koristiti se za identifikaciju vrsta. Iako spadaju u nanoplankton zbog činjenice da je većina opisanih vrsta promjera manjeg od 20 µm, određene vrste spadaju u mikrofitoplankton. Najpoznatija te ujedno i najraširenija vrsta kokolitoforida je *Emiliania huxleyi* koja obitava u svim oceanima sa iznimkom polarnih mora. Ova vrsta formira velika cvjetanja koji mogu prekriti velike površine oceana (Lalli i Parsons, 1993).

Euglenofita su jednostanični, primarno slatkovodni bičaši, ali postoji i nekoliko morskih vrsta. Najčešće ih nalazimo u visoko eutrofiziranim ekosustavima. Dva roda *Eutreptia* i *Eutreptiella* obitavaju u estuarijima i u moru, dok se i kod ostalih rodova može naći nekoliko morskih vrsta (Lee, 2008).

1.2. ULOGA MIKROFITOPLANKTONA U HRANIDBENOJ MREŽI

Mikrofitoplankton ima važnu ulogu u funkcioniranju svih vodenih ekosustava. Prije svega, fitoplankton su primarni proizvođači i odgovorni su za polovinu primarne proizvodnje na planetu od koje se procjenjuje da jedna četvrtina otpada na oligotrofna područja, jedna četvrtina na eutrofna područja, a jedna polovina na mezotrofna pofručja (Field *i sur.*, 1998). Mikrofitoplankton sudjeluje u globalnom ciklusu ugljika kroz tzv. “biološku pumpu” uklanjajući ugljik iz atmosfere (Falkowski, 2012). Zbog njihove velike brojnosti u obalnim morima, procijenjeno je da planktonske dijatomeje čine oko 20% svjetske fotosintetske fiksacije ugljika (~20 Pg godišnje) (Mann, 1999) što je više od svih svjetskih prašuma i čini njihov doprinos u kruženju nutrijenata značajnim (Boyd *i sur.*, 2000). Fitoplankton je također osnovica svih morskih hranidbenih mreža. U uvjetima specifičnog svjetla i nutrijenata neke vrste fitoplanktona mogu prouzročiti velika cvjetanja, osobito u obalnim vodama umjerenih mora, a njihovi toksini utječu na više trofičke razine čime imaju značajan ekološki i

ekonomski utjecaj (Hinder *i sur.*, 2011). Kako su ove vrste primarni proizvođači, abiotički fizikalno-kemijski čimbenici značajno utječu na sastav i dinamiku mikrofitoplanktonskih zajednica. Biološki čimbenici koji utječu na sastav i dinamiku mikrofitoplanktonskih zajednica, osim kontrole koju provodi zooplankton koji je primarni konzument fitoplanktona, općenito nisu detaljno proučavani (Not *i sur.*, 2012). Svaka skupina mikrofitoplanktona pokazuje drugačije trofičke strategije. Iako su skoro svi pripadnici ove zajednice fotoautotrofi, postoje i miksotrofni organizmi koji se uz to što obavljaju fotosintezu hrane i prokariotima ili manjim fitoplanktonom. Ovakvo ponašanje dobro je dokumentirano za pojedine dinoflagelate npr. za vrste unutar roda *Gymnodinium* ili *Amphidinium* (Lee, 2008). Neke vrste mogu živjeti i kao simbionti sa većim heterotrofnim protistima kao što su radiolarije ili foraminifere ili sa većim mnogostaničnim organizmima (Pomeroy, 1974)

1.3. SASTAV ZAJEDNICA MIKROZOOPLANKTONA

1.3.1. Trepetljikaši

Trepetljikaši (cilijati) su jednostanični protisti koji se smatraju glavnom komponentom mikrozooplanktona. Goli ili nelorikatni trepetljikaši su, zbog nježne strukture i nedostatka skeleta, često slabo zastupljeni u uzorcima morskog planktona. Međutim, bez obzira na to koliko ih često viđamo u uzorcima, nelorikatni trepetljikaši predstavljaju većinu cilijatnih organizama u pelagijalu. Jedna od poznatijih vrsta nelorikatnih trepetljikaša je vrsta *Myrionecta rubra*, fotosintetski trepetljikaš sa raširenom globalnom distribucijom koja uzrokuje crvene plime. Unatoč činjenici da se hrani kriptofitima, tretira se kao fitoplankton jer posjeduje funkcionalne kleptoplaste, plastide preuzete od svog plijena, uz pomoć kojih može sintetizirati klorofil (Johnson i sur, 2006). Nelorikatni trepetljikaši konzumiraju značajne količine autotrofne i heterotrofne mikrobne proizvodnje i plijen su za za druge protozoe i mnoge metazoe (osobito kopepode), te riblje ličinke. Značajna su veza između nižih trofičkih razina i većih zooplanktonskih potrošača (Calbet i Saiz, 2005). Brojnost u vodenom stupcu im se smanjuje udaljavanjem od obale, a maksimalne vrijednosti su obično zabilježene u zaljevima i estuarijima, te u područjima *upwellinga.* Distribucija im ovisi više o dostupnosti hrane nego o geografskoj širini ili oceanu. Tintinidi su sveprisutni dio mikrozooplanktona u morskim ekosustavima i jedini su predstavnici planktonskih trepetljikaša koji posjeduju

loriku. Oblik lorike predstavlja taksonomski kriterij u identifikaciji tintinida. Hrane se prvenstveno nano-frakcijom fitoplanktona (Dolan, 2010). U mikrozooplanktonu tintinidi su općenito mala skupina organizama u usporedbi sa drugim skupinama kao što su "oligotrihni cilijati" ili "heterotrofni dinoflagelati". Međutim, hranidbena aktivnost tintinida s vremena na vrijeme dominira nad onom ostalog mikrozooplanktona (Karayanni i sur. 2005).

1.3.2. Veslonošci (razvojni stadiji)i meroplanktonske ličinke

Veslonošci (Copepoda) su mikroskopski račići koji žive u površinskim i podzemnim kopnenim vodama te u moru. Mnoge vrste se hrane fitoplanktonom, osobito dijatomejama. Međutim, neke vrste roda *Calanoides* su omnivori i karnivori i hrane se manjim zooplanktonom. Kopepodi su odvojenog spola. Razvoj uključuje dvanaest različitih faza, a svaka faza odvojena je presvlačenjem ili odbacivanjem egzoskeleta, te je obilježena pojavom novih segmenata. Prvih šest faza su naupliji ili ličinke (označavaju se sa NI do NVI); posljednji šest su kopepoditne faze (označavaju se sa CI do CVI), a CVI predstavlja spolno zrelu odraslu jedinku. Meroplanktonske ličinke su privremeni članovi mikrozooplanktona u koje spadaju ličinke bodljikaša, rakova i nekih mekušaca koje se naposlijetku razviju u adultne stadije (Lalli i Parsons, 1993).

1.4. ULOGA MIKROZOOPLANKTONA U HRANIDBENOJ MREŽI

Prema klasifikaciji Sieburth i sur. (1978) mikrozooplankton je skupina heterotrofnih i miksotrofnih organizama raspona veličine od 20 – 200 µm koja uključuje mnoge protiste poput trepetljikaša, dinoflagelata i foraminifera, te malih metazoa poput kopepodnih nauplija, nekih kopepodita i meroplanktonskih larvi. Tradicionalno, kada se opisivala ekološka dinamika morskih ekosustava, mikrozooplankton je svrstavan u skupinu koja sekundarno doprinosi toj dinamici, posebno u produktivnim vodama (Calbet, 2008). Isto tako njihova važnost je zanemarena u mnogim konceptualnim i prediktivnim modelima hranidbenih mreža (Barber i Hiscock 2006; Rothstein i sur. 2006). Međutim dokazi upućuju na to da je ova skupina organizama, zajedno sa fitoplanktonom i bakterijama, jedna od najvažnijih skupina u morskim biogeokemijskim ciklusima elemenata (Sherr i Sherr 2002; Calbet i Landry 2004). Mikrozooplankton zauzima ključno mjesto u morskim hranidbenim mrežama kao glavni konzument primarne proizvodnje (Calbet i Landry 2004), kao posrednik između primarnih proizvođača i kopepoda (Gifford 1991; Calbet i Saiz 2005) te kao ključna

komponenta mikrobne petlje (Azam i sur. 1983; Sherr i Sherr 2002). Samo mali dio organske tvari proizvedene primarnom produkcijom "brzom trakom" ide na više trofičke razine gdje ga direktno konzumiraju veliki metazoa (npr. kopepoda) (Calbet, 2008). Mikrozooplankton prosječno konzumira do 75% primarne proizvodnje i oko polovine biomase fitoplanktona na dan (Calbet i Landry 2004). U umjerenim morima mikrozooplankton konzumira oko 60% primarne proizvodnje i pola fitoplanktonske biomase u danu, u morima oko Antarktika tijekom perioda u kojem ima dovoljno svjetla konzumacija također iznosi 60% primarne proizvodnje iako se konzumira tek 20% biomase fitoplanktona, a u visoko produktivnim područjima, kao što su estuariji i područja *upwellinga*, utjecaj grazinga mikrozooplanktona na fitoplankton je velik, u prosjeku 60% primarne produkcije po danu (Calbet i Landry 2004). Što se tiče mikrozooplanktona kao plijena za veće organizme, sada je jasno da mikrozooplankton doprinosi ishrani kopepoda (Calbet and Saiz, 2005; Sherr and Sherr, 2007). Calbet i Saiz (2005) su zaključili da, iako fitoplankton predstavlja daleko veću biomasu od cilijata, u prosjeku 30% ugljika kojeg kopepodi dnevno unesu u okoliš je produkt konzumacije zooplanktona (cilijati+fitoplankton) (Calbet, 2008).

1.5. JADRANSKO MORE

Jadransko more je dio Sredozemnog mora i ujedno njegov najsjeverniji dio (seže do 45°47'N). Jadran je s ostalim dijelom mediteranskog bazena povezan Otrantskim vratima širine oko 40 nautičkih milja (NM) i dubine 741 m. Dužina Jadranskog mora iznosi 870 km, širina u prosjeku 159.3 km, a površina 138.595 km^2, što iznosi oko 4.6% od ukupne površine Sredozemnog mora (Krstulović i Šolić, 2006). Cirkulacija vode u Jadranskom moru je ciklonalna što je rezultat razlike u termohalinim uvjetima (dotok slatke vode, vjetrovi, komunikacija sa Mediteranom) (Zore Armanda 1969; Orlić i sur. 1992; Gačić i sur. 1999, 2001) i morfologije (Kourafalou, 2001). Jadransko more je pod utjecajem redovite izmjene vodenih masa sa istočnim Mediteranom preko Otrantskih vrata (Batistić i sur. 2012). Levantinska intermedijarna voda (LIW) i jonska površinska voda (ISW) ulaze u Jadran uz njegovu istočnu granicu. Volumen upliva ovih vodenih masa veći je zimi, ali varira od godine do godine zbog klimatskih oscilacija koje se odvijaju od Atlantika do Jugoistočnog Mediterana (Grbec i sur. 2002). LIW višeg saliniteta ulaskom u Jadran zahvaća južnojadranski ciklonalni vrtlog i kada postane izložena udarima bure (hladnog sjevernog vjetra) stvaraju se

povoljni uvjeti za nastanak duboke konvekcije i jadranske guste vode (NAdW) (Manca i sur. 2002). Zimska konvekcija ili miješanje vodenih masa prenosi nutrijente iz dubljih slojeva prema površini čime ti nutrijenti postaju dostupni primarnim proizvođačima (Marra i sur. 1990; Williams i Follows 1998; Civitarese i Gačić 2001; Gačić i sur. 2002). Duboka konvekcija također prenosi površinske organske čestice, uključujući i stanice fitoplanktona u duboko more puno brže nego uobičajenim procesima tonjenja (Bosak i sur. 2015).

1.6. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MIKROPLANKTONA JUŽNOG JADRANA

Istraživanje fitoplanktona u Jadranskom moru započelo je početkom dvadesetog stoljeća u sjevernom Jadranu u blizini istraživačkih centara kao što su Trst, Venecija i Rovinj (Viličić i sur., 2002). Tijekom tih istraživanja sakupljeni su prvi podaci o hidrografiji i planktonu istočnog dijela Jadrana (Schiller 1913, 1925a, 1925b; Schröder 1911; Kamptner 1941). Moderna kvantitativna istraživanja fitoplanktona provela je Relevante (1985) u sjevernom dijelu Jadrana, a daljnja istraživanja nastavljena su u srednjem Jadranu (Ercegović 1936; Pucher-Petković 1966; Marasović *i sur.*, 1990). Novija istraživanja taksonomskog sastava fitoplanktona u južnom dijelu Jadranskog mora uglavnom su objavljena u okviru ekoloških istraživanja (Viličić 1985; Viličić i sur. 1994, 1995a, b, 1998; Socal i sur. 1999; Viličić *i sur.*, 2009, Čalić *i sur.*, 2013). Istraživanja zooplanktona u Jadranu imaju dugu tradiciju i započela su već u 19. stoljeću (Hure i Kršinić, 1998). Intenzivna istraživanja u kojima su opisane sve planktonske skupine nastavljaju se od polovine 20. stoljeća do danas (Hure 1955; Hure i sur. 1980; Shmelova i Kovalev 1974; Benović i *sur*., 2005; Batistić *i sur.*, 2004; Lučić *i sur.*, 2009, Batistić *i sur*., 2012). U istraživanjima zooplanktona južnog dijela Jadranskog mora istaknuo se Frano Kršinić koji intenzivno istražuje mikrozooplankton s posebnim naglaskom na protozoe, bavi se metodikom istraživanja zooplanktona i konstruira novi tip uređaja za kvantitativno istraživanje mezozooplanktona (Kršinić 1980; Kršinić 1990; Kršinić i Grbec, 2006).

1.7. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog istraživanja bili su:

i) Odrediti taksonomski sastav, brojnost te prostornu raspodjelu mikrofitoplanktona i mikrozooplanktona u Južnojadranskoj kotlini u zimskom periodu.

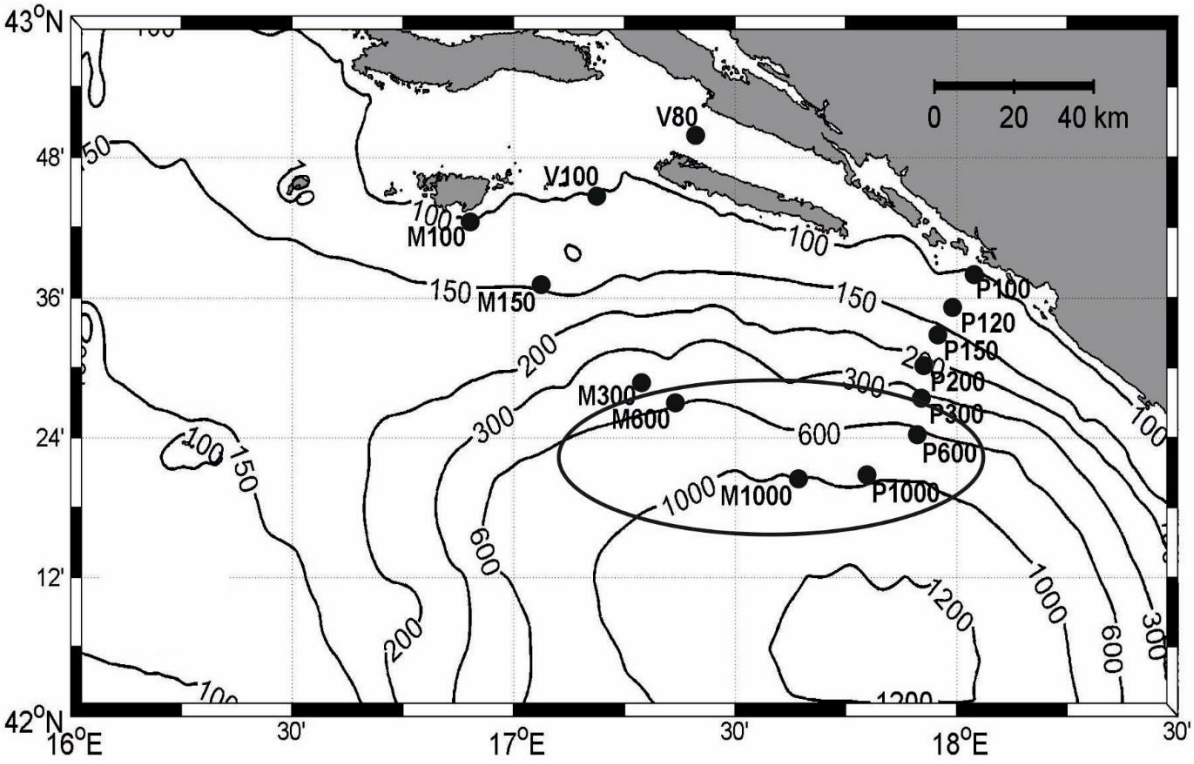
ii) Utvrditi razliku u brojnosti pojedinih mikroplanktonskih skupina između istraživanih postaja

iii) Utvrditi utjecaj fizikalno kemijskih čimbenika koji uvjetuju sastav i prostornu distribuciju zajednice mikroplanktona

2. MATERIJALI I METODE

2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Ovo istraživanje provedeno je u sklopu projekta BIOTA financiranog od Hrvatske Zaklade za Znanost (HRZZ), broj 6433, u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. godine u svrhu istraživanja specifičnih obrazaca zimske termohaline cirkulacije i raspodjele planktona u Južnojadranskoj kotlini. Istraživanje se odvijalo na 13 postaja duž dva transekta: (i) od Dubrovnika do izobate od 1000 m (postaje P100 – P1000), te (ii) od izobate od 1000 m do otoka Lastova (postaje M100 – M1000) (Slika 1).



Slika 1. Prikaz uzorkovanih postaja tijekom istraživanja BIOTA 2015 u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. godine.

2.2. UZORKOVANJE

Temperatura vode, salinitet i fluorescencija mjereni su pomoću CTD sonde (SEA-Bird Electronics Inc., USA). CTD sonda spušta se gotovo do dna i polako izvlači na površinu te

tijekom izvlačenja ona mjeri konduktivitet, temperaturu, fluorescenciju i dubinu u pravilnim vremenskim razmacima kako bi se dobila što bolja rezolucija. Iz konduktiviteta se izračunava salinitet. Sonda je dodatno opremljena sa WET Labs FLNTU i Sea-Bird senzorom fotosintetski aktivnog zračenja (PAR). FLNTU je korišten za mjerenje fluorescencije klorofila *a* (Chl *a*), i turbiditeta koji su kasnije pretvoreni u raspršenje (eng. optical particulate backscattering (bbp)) potreban za procjenu partikularne organske tvari (POC) (Cetinić i sur., 2015). Vrijednosti dobivene tvorničkom kalibracijom senzora su korištene za pretvorbu fluorescencije klorofila (Chl F) u nominalnu koncentraciju Chl *a* (µm/L). Tijekom ovog istraživanja na terenu je uzeto ukupno 117 uzoraka na 13 postaja. Poduzorci za mjerenje koncentracije nutrijenata: nitrita (NO_2), nitrata (NO_3) i fosfata (PO_4) zamrznuti su na -22 °C i analizirani u laboratoriju korištenjem standardnih oceanografskih metoda (Parsons 1984) uz pomoć spektrofotometra PerkinElmer Lambda 15 (Ueberlingen, Germany). Poduzorci od 50 mL za analizu amonijaka fiksirani su s 2 ml otopine fenol-etanola (1 mol /L), pohranjeni u mraku na 4 °C i analizirani kroz mjesec dana prema Ivančić i Degobbis (1984). Uzorci mikrofitoplanktona sakupljeni su pomoću Niskinovog crpca zapremnine 5 L na dubinama određenima *in situ* nakon očitavanja vrijednosti saliniteta, temperature i fluorescencije klorofila *a* s CTD sonde. Uzorci od 200 mL morske vode su zatim fiksirani pomoću neutraliziranog formaldehida (finalna koncentracija 4%). Uzorci mikrozooplanktona prikupljeni su vertikalnim potezom uz pomoć modificirane Nansenove mreže na zatvaranje. Promjer pora planktonske svile bio je 53 µm. Uzorci su prikupljeni na različitim dubinskim intervalima ovisno o dubini same postaje te su fiksirani u otopini morske vode i formaldehida (finalna koncentracija 4%) puferirane sa $CaCO_3$.

2.3. ANALIZA UZORAKA

Stanice mikrofitoplanktona su identificirane i određena im je brojnost korištenjem Utermöhl metode (Utermöhl, 1958) pomoću invertnog mikroskopa Zeiss Axiovert 200 . Poduzorci od 100 ml su sedimentirani 48 sati i nakon toga prebrojavani na 400x i 200x povećanjima, te na 100x povećanju da bi se prebrojale vrste promjera većeg od 30 µm. Minimalna koncentracija koja može biti detektirana korištenjem ove metode je 40 stanica/L. Identifikacija odabranih vrsta potvrđena je na 1000x povećanju.

Uzorci mikrozooplanktona analizirani su uz pomoć Olympus IMT-2 inverznog mikroskopa na 100x i 400x povećanjima kako bi se dobili podaci o brojnosti pojedinih skupina mikrozooplanktona.

2.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Tijekom statističke obrade podataka korišteni su programi "Statistica 8", "Primer 6 " (Clarke i Warwick, 2001) te Canoco 5. Program "Statistica 8" korišten je za određivanje osnovnih parametara deskriptivne statistike, te su izračunati minimum i maksimum, aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan te gornji i donji kvartil. Također, izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije pomoću kojeg se mjerila povezanost između fizikalnih i kemijskih parametara istraživanog područja. U programu "Primer 6" napravljene su klaster analiza i analiza više-dimenzijskog skaliranja (non-metric multidimensional scaling - nMDS) u kojoj se na temelju brojnosti određenih vrsta/skupina mikrofitoplanktona i mikrozooplanktona prikazala sličnost odnosno razlika između pojedinih postaja te analiza glavnih komponenata (PCA) u kojoj su se analizirala sličnost odnosno razlika između postaja na temelju fizikalno kemijskih parametara. U programu Canoco 5 napravljena je kanonska korelacijska analiza (CCA) u kojoj su u odnos stavljene brojnosti određenih skupina mikroplanktona s biotičkim i abiotičkim čimbenicima. Program "Grapher 11" korišten je za izradu grafova koji prikazuju zastupljenost pojedinih skupina mikrofitoplanktona i mikrozooplanktona na svakoj istraživanoj postaji, te grafova koji prikazuju koncentracije nutrijenata na svakoj istraživanoj postaji. Za izradu grafova koji prikazuju vrijednosti temperature, saliniteta, gustoće, koncentracije otopljenog kisika i klorofila *a* na istraživanim postajama korišten je program "Ocean Data View" (Schlitzer, R., Ocean Data View, odv.awi.de, 2015).

3. REZULTATI

3.1. FIZIKALNI I KEMIJSKI PARAMETRI ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

3.1.1 Temperatura i salinitet

Temperatura vodenog stupca izmjerena u razdoblju od 28. veljače do 1. ožujka 2015 godine duž P transekta (postaje P100, P150 P300, P600 i P1000) kretala se od minimalnih 13.31 °C na površini na postaji P100 do maksimalnih 15.30°C na površini na postaji P300. Minimalne vrijednosti temperature zabilježene su na postaji P100 koja je ujedno i najbliža obali. Temperatura vode u površinskom sloju postupno se povećavala udaljavanjem od obale te se smanjivala sa dubinom. Nije zabilježeno naglo opadanje temperature sa povećanjem dubine što znači da je stupac relativno homogeniziran (Slika 2).

Vrijednosti saliniteta duž P transekta kretale su se od minimalnih 37.43 jedinica na samoj površini na postaji P100 do maksimalnih 38.78 jedinica na dubini od 400 m na postaji P1000. Niske vrijednosti saliniteta zabilježene su također na postaji P100 odnosno u obalnom području koje je pod utjecajem dotoka slatke vode sa kopna. Vrijednosti saliniteta povećavale su se udaljavanjem od obale i nisu se znatno mijenjale povećavanjem dubine vodenog stupca (Slika 2).

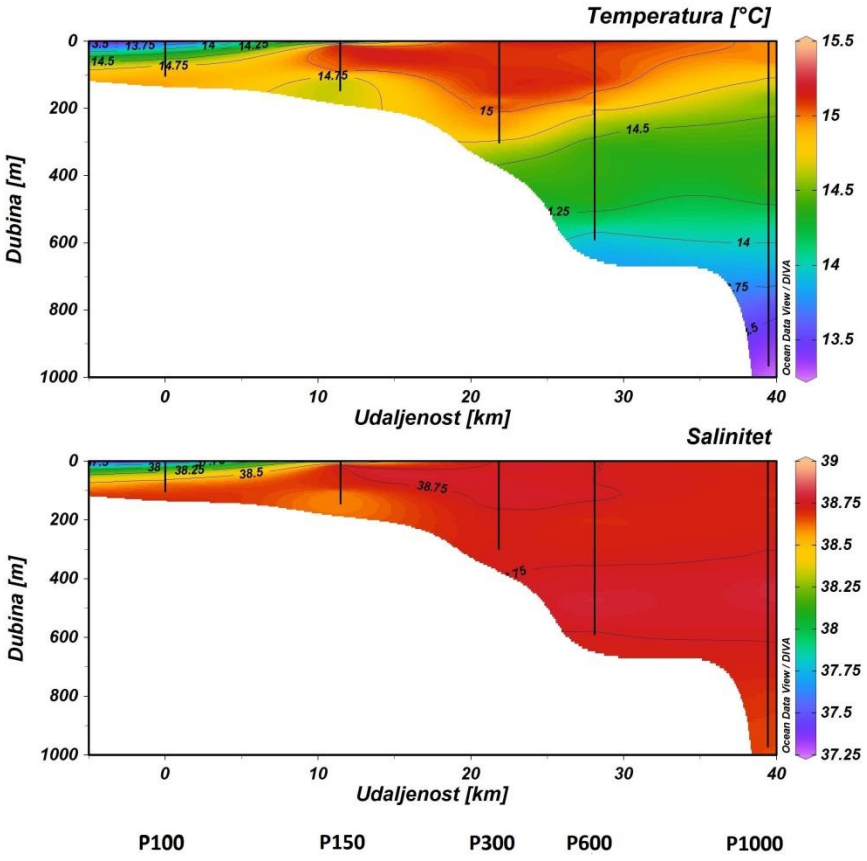
Vrijednosti temperature izmjerene u razdoblju od 1. do 3. ožujka duž M transekta (postaje M1000, M600, M300, M150 i M100) kretale su se od minimalnih 14.34°C na dubini od 300 m na postaji M300 do maksimalnih 14.98°C na dubini od 20 m na istoj postaji. Vrijednosti temperature padale su sa povećanjem dubine. Iznimka je površinska temperatura na postaji M150 koja je bila manja nego na ostalim postajama (Slika 3).

Vrijednosti saliniteta duž M transekta kretale su se od minimalnih 38.36 jedinica na dubini od 1.5 m na postaji M150 do maksimalnih 38.73 jedinica na dubini od 70 m na postaji M300. Vrijednosti saliniteta neznatno su se povećavale sa porastom dubine. Do odudaranja je došlo na postaji M150 u površinskom dijelu gdje su vrijednosti saliniteta niže nego na istoj dubini na ostalim postajama M transekta (Slika 3).

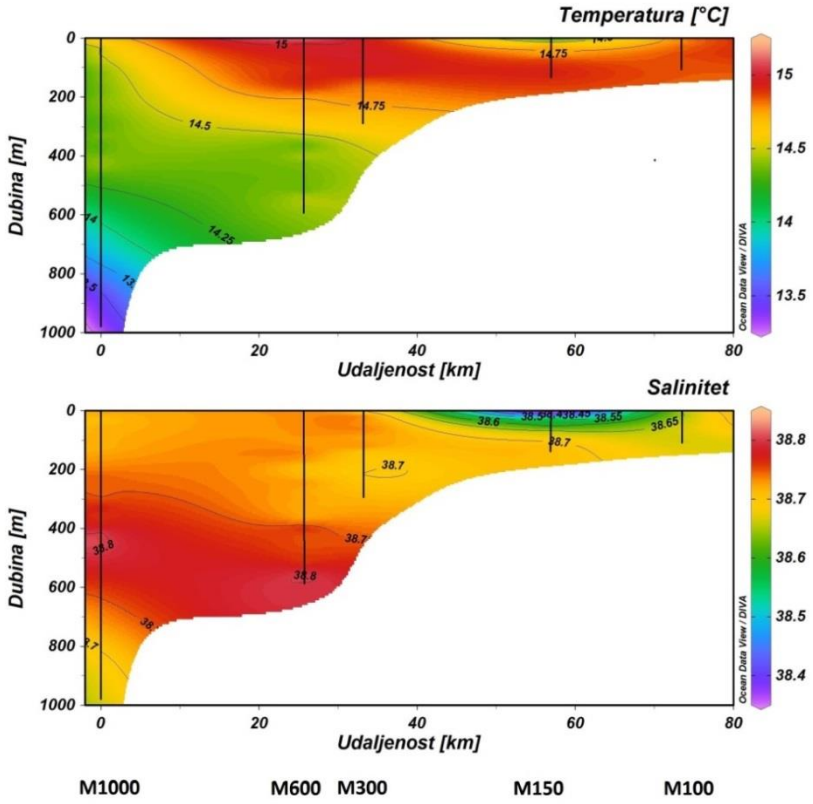
Temperatura izmjerena 3. ožujka duž PA transekta (postaje P100A, P120A, P150A, P200A) kretala se od minimalnih 13.5°C na površini na postaji P100A do maksimalnih 15.53°C na dubini od 10 m na postaji P200A. Najniže vrijednosti temperature zabilježene su na postaji P100A koja je najbliža obali i pod utjecajem vjetra i dotoka slatke vode s kopna. Zabilježeno je postupno povećanje temperature udaljavanjem od obale. Izmjerene

vrijednosti temperature su slične na različitim dubinama duž transekta što ukazuje na dobro izmješani vodeni stupac (Slika 4).

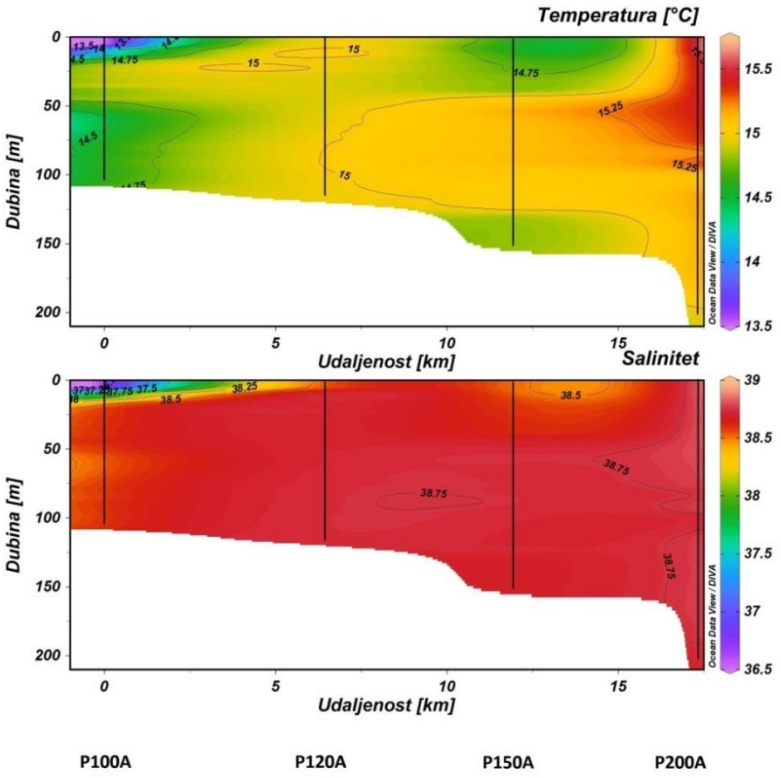
Vrijednosti saliniteta izmjerene duž PA transekta kretale su se od minimalnih 36.67 jedinica na površini na postaji P100A do maksimalnih 38.81 jedinica na dubini od 1 m na postaji P200A. Niske vrijednosti saliniteta zabilježene su također na postaji P100A odnosno u obalnom području koje je pod utjecajem dotoka slatke vode sa kopna. Vrijednosti saliniteta povećavale su se kako se odmicalo od obale i nisu se znatno mijenjale povećavanjem dubine vodenog stupca (Slika 4).



Slika 2. Prostorna i dubinska raspodjela temperature i saliniteta duž P transekta



Slika 3. Prostorna i dubinska raspodjela temperature i saliniteta duž M transekta



Slika 4. Prostorna i dubinska raspodjela temperature i saliniteta duž PA transekta

3.1.2. Gustoća morske vode i koncentracija otopljenog kisika

Vrijednosti gustoće morske vode izmjerene u razdoblju od 28. veljače do 1. ožujka 2015. godine duž P transekta kretale su se od minimalnih 28.19 g/cm^3 na površini na postaji P100 do maksimalnih 29.05 g/cm^3 na dubini od 500 m na postaji P600. Gustoća morske vode smanjuje se dotokom slatke vode (Slika 5).

Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika duž P transekta kretale su se od minimalnih 5.51 mg/L na samoj površini na postaji P600 do maksimalnih 7.64 mg/L na samoj površini na postaji P100. Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika veće su u plićem području i opadaju sa porastom dubine (Slika 5).

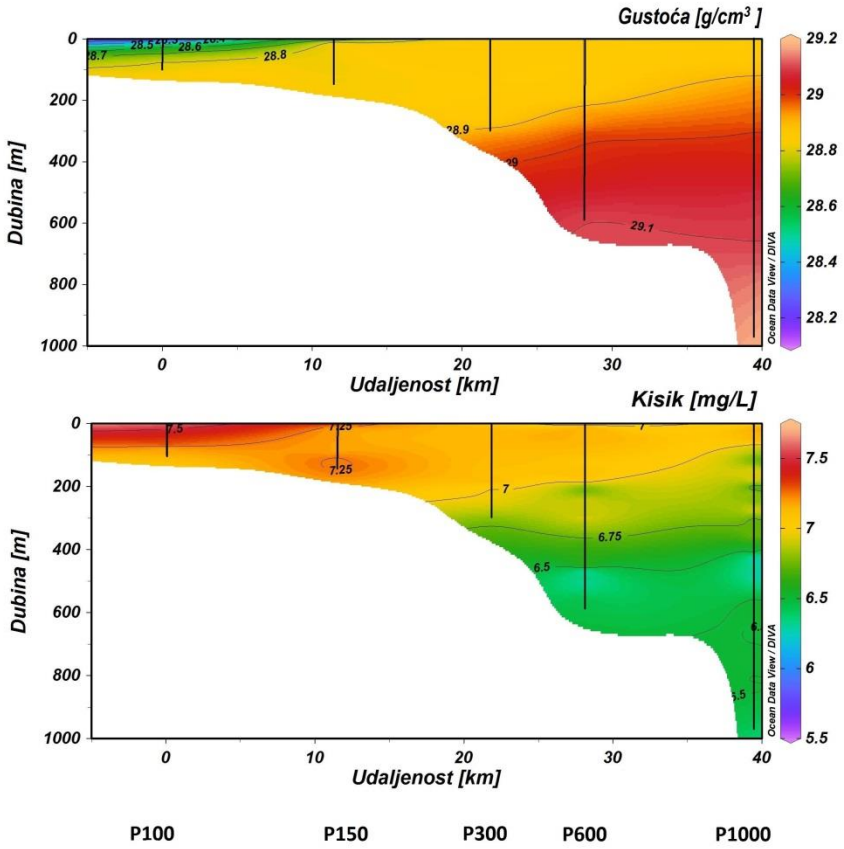
Vrijednosti gustoće morske vode izmjerene u razdoblju od 1. do 3. ožujka 2015. godine duž M transekta kretale su se od minimalnih 28.71 g/cm^3 na površini na postaji M150 do maksimalnih 29.03 g/cm^3 na dubini od 400 m na postaji M1000. Vrijednosti gustoće smanjuju se od dubljih prema plićim postajama i rastu sa povećanjem dubine na svakoj postaji (Slika 6).

Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika izmjerene duž M transekta kretale su se od minimalnih 6.44 mg/L na dubini od 400 m na postaji M1000 do maksimalnih 7.17 mg/L na dubini od 20 m na postaji M300. Suprotno vrijednostima gustoće vrijednosti otopljene koncentracije kisika povećavale su se od dubljih prema plićim postajama i smanjivale se sa povećanjem dubine na svakoj postaji (Slika 6).

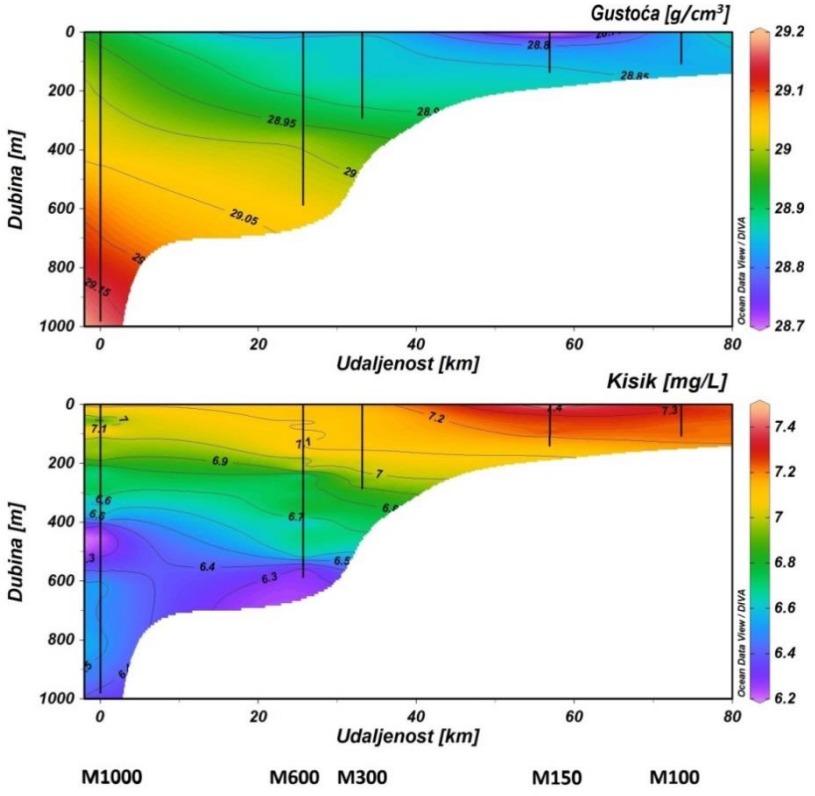
Gustoća morske vode izmjerena 3. ožujka duž transekta PA kretala se od minimalnih 27.59 g/cm^3 na samoj površini na postaji P100A maksimalnih 28.87 g/cm^3 na dubini od 110 m na postaji P120A. niske vrijednosti gustoće zabilježene su na postajama blizu obale i postupno su se povećavale sa udaljenošću od kopna i dubinom (Slika 7).

Koncentracija otopljenog kisika duž transekta PA kretala se od minimalnih 6.95 mg/L na dubini od 140 m na postaji P200A do maksimalnih 7.72 mg/L na površini na postaji P100A. Sukladno ostalim transektima i ovdje su zabilježene visoke vrijednosti otopljene koncentracije kisika u plićim dijelovima i njihovo smanjivanje sa povećanjem dubine (Slika 7).

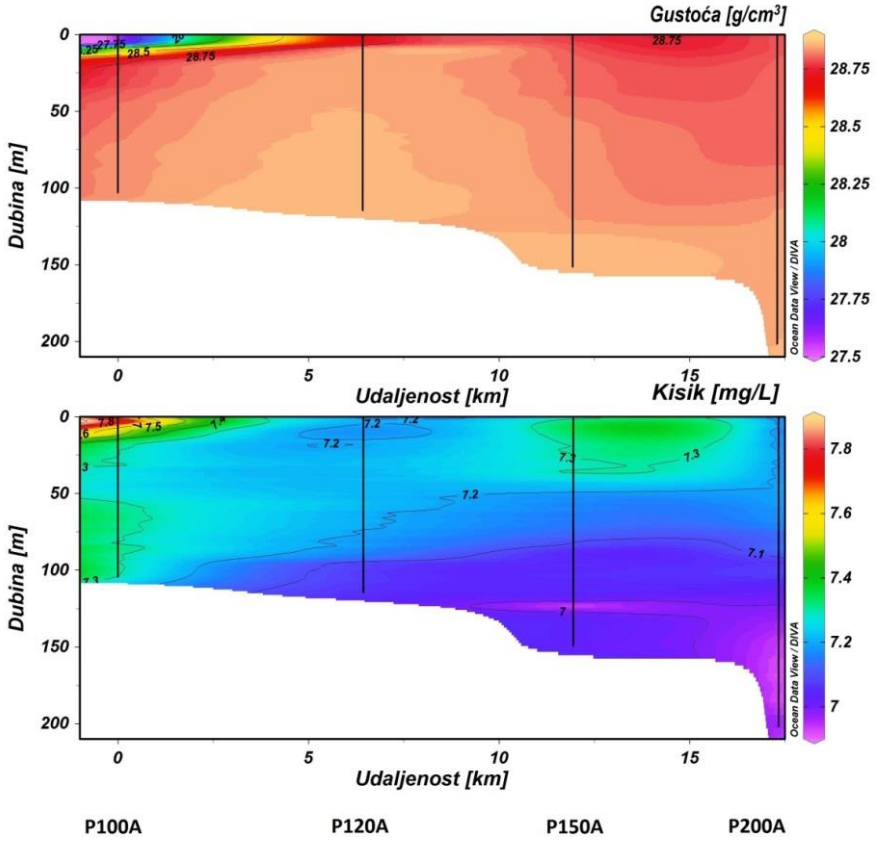
U tablici 1 prikazane su osnovne deskriptorne vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara dobivenih očitanjima CTD sonde na svim istraživanim postajama izmjerene u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. godine.



Slika 5. Prostorna i dubinska raspodjela gustoće i koncentracije otopljenog kisika duž P transekta



Slika 6. Prostorna i dubinska raspodjela gustoće i koncentracije otopljenog kisika duž M transekta



Slika 7. Prostorna i dubinska raspodjela gustoće i koncentracije otopljenog kisika duž PA transekta

Tablica 1. Fizikalno-kemijski parametri dobiveni očitanjima CTD sonde na istraživanim postajama u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. god.

	N	Aritmetička sredina	Medijan	Minimum	Maksimum	Donji kvartil	Gornji kvartil	Standardna devijacija
Temperatura (°C)	9691	14.508	14.512	13.290	15.533	14.299	14.936	0.496
Salinitet	9691	38.714	38.731	36.675	38.813	38.709	38.757	0.122
Gustoća	9691	28.948	28.938	27.587	29.175	28.851	29.049	0.133
Kisik (mg/L)	9691	6.843	6.892	5.513	7.806	6.515	7.128	0.321
Saturacija O_2 (mg/L)	9691	8.025	8.024	7.857	8.294	7.956	8.056	0.082
Fluorescencija klorofila	9691	0.154	0.127	0.000	0.731	0.031	0.255	0.120

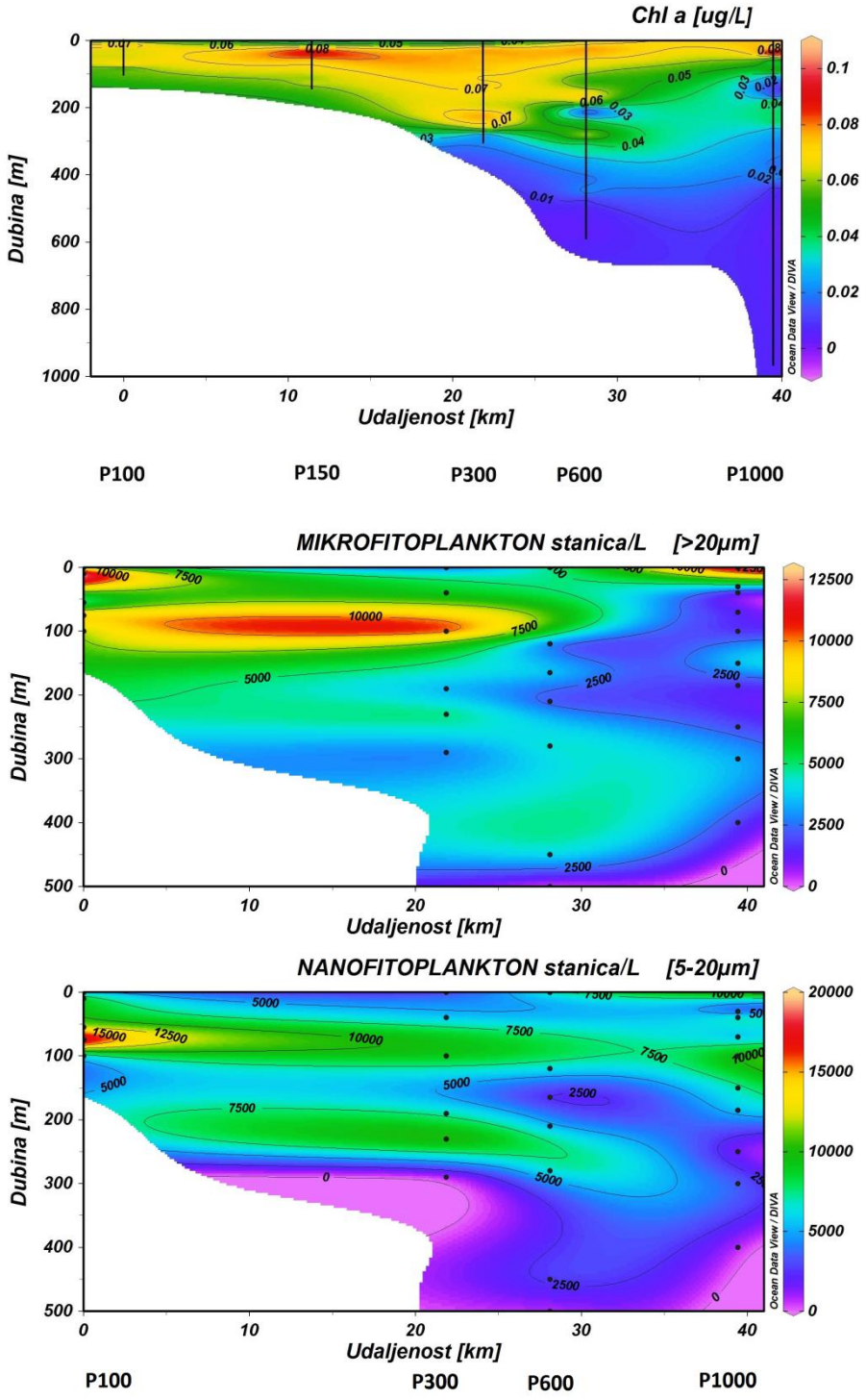
3.1.3. Klorofil *a* i fitoplankton

Klorofil *a* (Chl *a*) izmjeren u razdoblju od 28. veljače do 1. ožujka 2015. godine duž P transekta pokazuje najviše vrijednosti u površinskom sloju do 100 m na postajama P100 i P 1000 koje se smanjuju kako se povećava dubina vodenog stupca (Slika 8). Sukladno vrijednostima Chl *a* vrijednosti mikrofitoplanktona i nanofitplanktona su također najviše u površinskom sloju i blizu obale a smanjuju se udaljavanjem od obale i sa povećanjem dubine vodenog stupca (Slika 8).

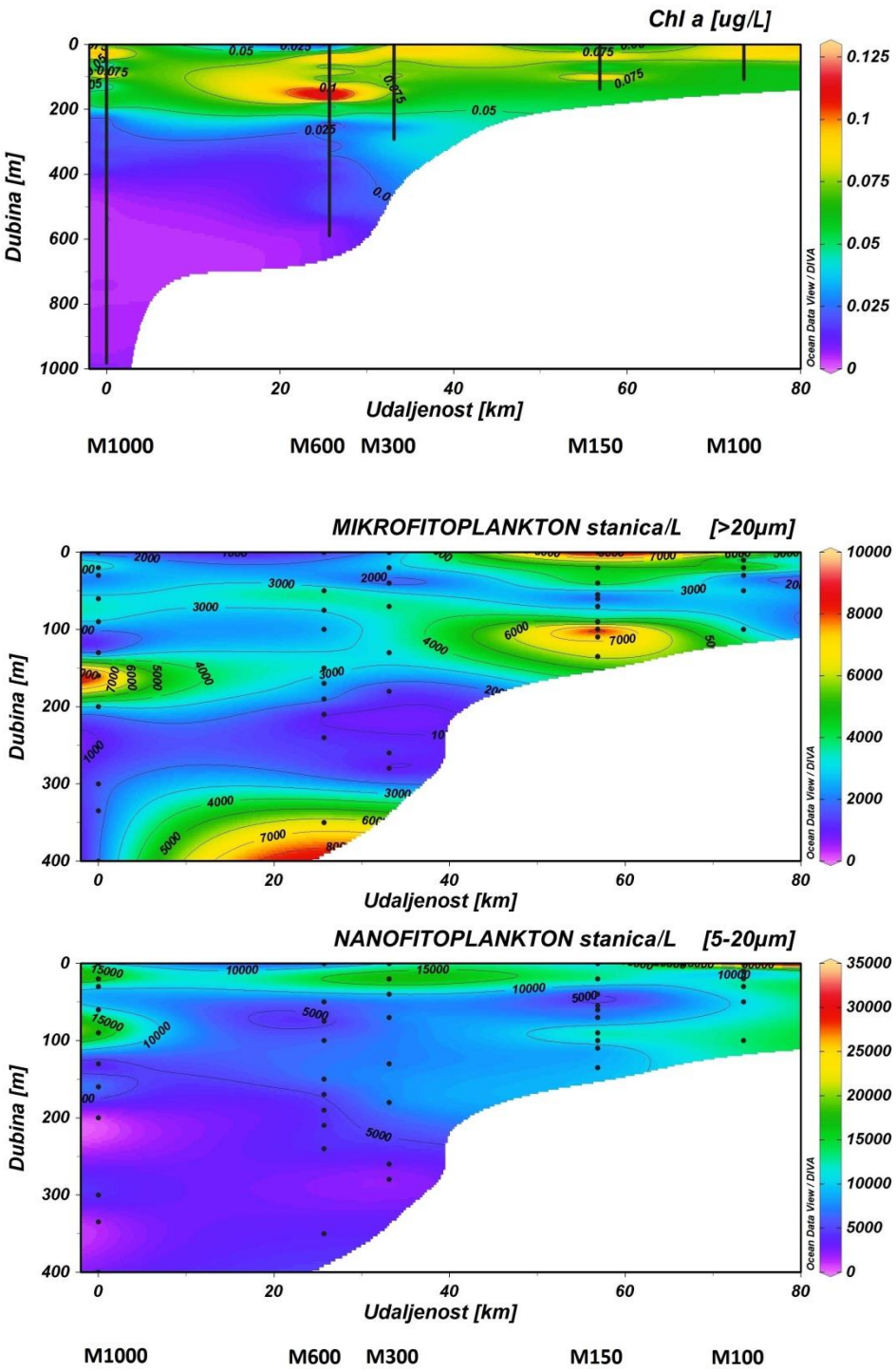
Izmjerene vrijednosti Chl *a* u razdoblju od 1. do 3. ožujka 2015. duž M transekta pokazuju visoke vrijednosti u sloju vodenog stupca od površine do 200 m , a najviše vrijednosti zabilježene su na postaji M600 u sloju između 100 i 200 m (Slika 9). Najviše vrijednosti mikrofitoplanktona (9 385 stanica/L) zabilježene su na površini na postaji M150, a vrijednosti nanofitoplanktona najviše su bile na postaji M100 (34 790 stanica/L). (Slika 9).

Vrijednosti Chl *a* izmjerene 3. ožujka 2015. duž transekta PA bile su visoke u površinskom sloju vodenog stupca i ujednačene duž cijelog transekta sa najvišim vrijednostima na postajama P120 i P200. Zabilježeno je smanjenje vrijednosti Chl *a* sa porastom dubine vodenog stupca (Slika 10). Najviše vrijednosti mikrofitoplanktona (19 700 stanica/L) zabilježene su na postaji P100A, a najviše vrijednosti nanofitoplanktona (44 020 stanica/L) zabilježene su na postaji P120A. Na slici 10 vidljivo je smanjivanje brojnosti mikro i nanofitoplanktona sa porastom dubine i udaljavanjem od obale prema otvorenom moru.

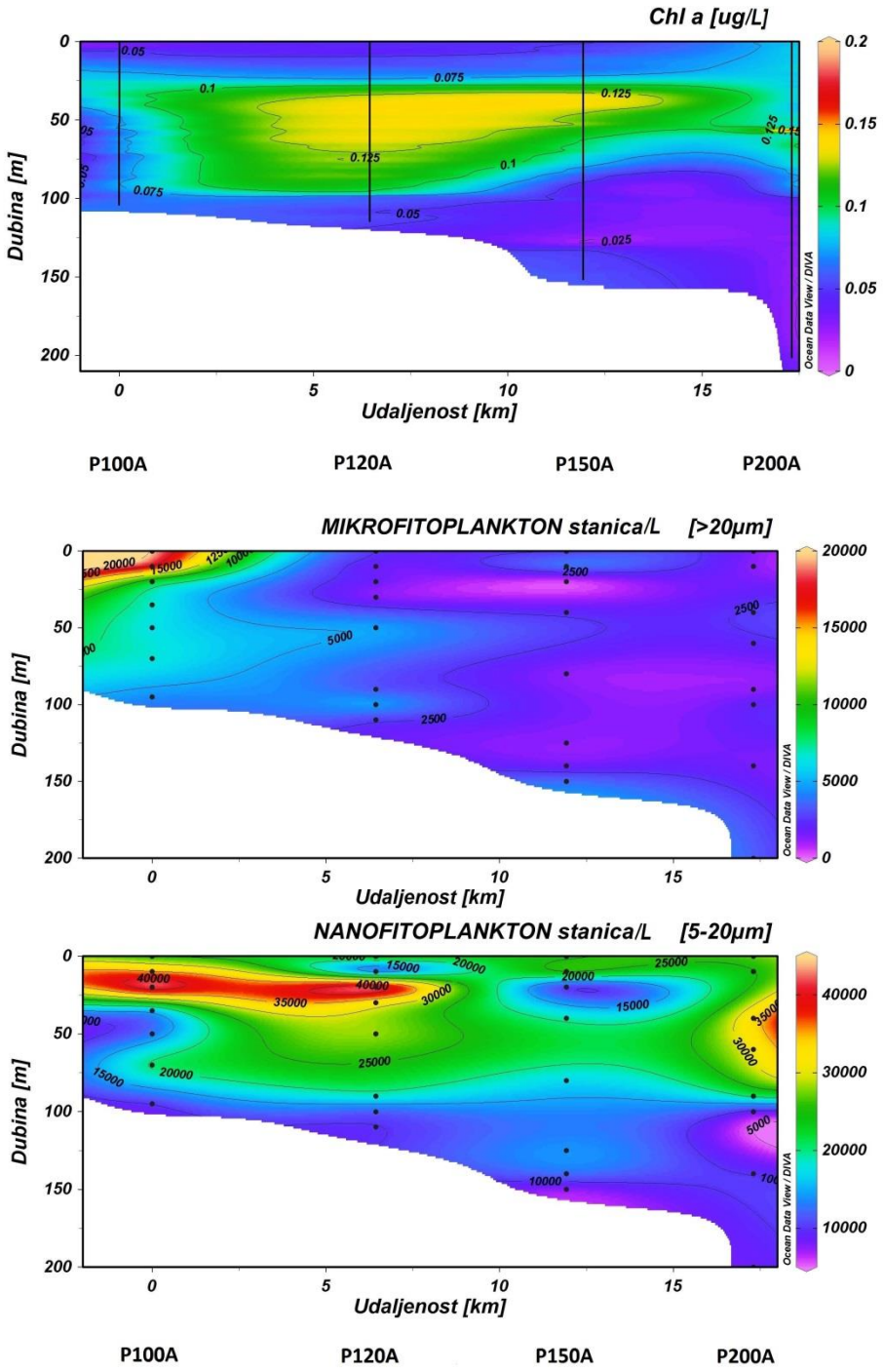
Iz dobivenih podataka i sa slika prikazanih u nastavku vidljiva je slojevitost u distribuciji Chl*a*.



Slika 8. Vrijednosti Chl *a* te mikro- i nanofitoplanktona duž P transekta



Slika 9. Vrijednosti Chl *a* te mikro- i nanofitoplanktona duž M transekta



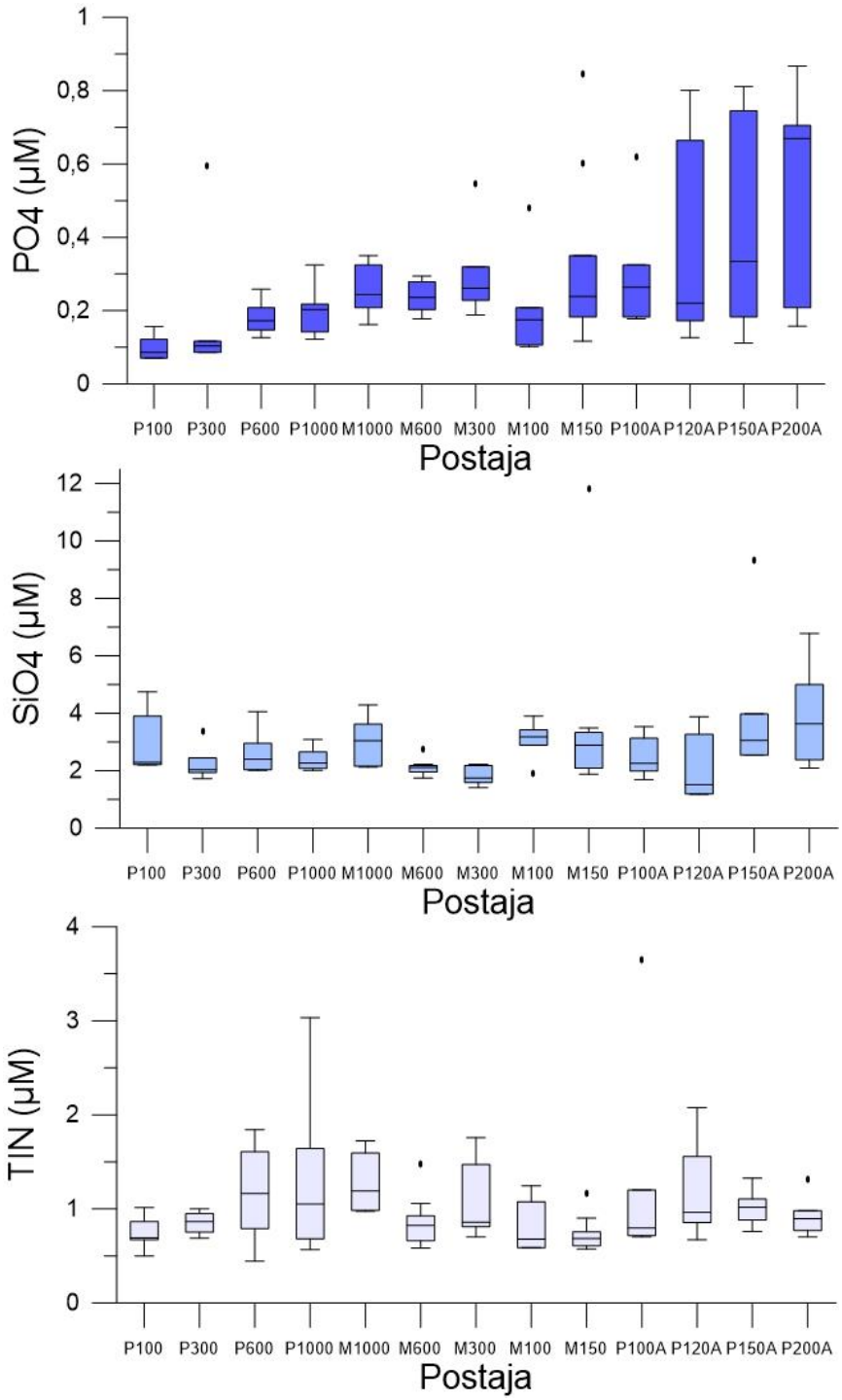
Slika 10. Vrijednosti Chl *a* te mikro- i nanofitoplanktona duž PA transekta

3.1.4. Nutrijenti

Izmjerene vrijednosti fosfata (PO_4) kretale su se od minimalnih 0.07 µM na površini na postaji P100 do maksimalnih 0.86 µM na dubini od 40 m na postaji P200A (Tablica 2). Niže vrijednosti PO_4 zabilježene su na postajama bliže obali i povećavaju se kako se postaje udaljavaju od obale. Većina vrijednosti izmjerenih na sva tri transekta je u rasponu od 0.17 µM (donji kvartil) do 0.31 µM (gornji kvartil). Općenito najviše vrijednosti fosfata zabilježene su duž transekta PA, 3. ožujka 2015. godine (Slika 11)

Izmjerene vrijednosti ortosilikata (SiO_4) kretale su se od minimalnih 1.18 µM na dubini od 30 m na postaji P120A do maksimalnih 11.83 na površini na postaji M150. Većina vrijednosti izmjerenih na sva tri transekta je u rasponu od 2.04 µM (donji kvartil) do 3.26 µM (gornji kvartil) (Tablica 2). Više vrijednosti ortosilikata zabilježene su na postajama M100, M150 i P150A (Slika 11 i 12). Više vrijednosti također su zabilježene u površinskom i srednjem sloju, a niže na većim dubinama.

Izmjerene vrijednosti otopljenog anorganskog dušika (TIN) kretale su se od minimalnih 0.44 µM na samoj površini na postaji P600 do maksimalnih 3.65 µM na dubini od 30 m na postaji P100A (Tablica 2). Niže vrijednosti TIN-a zabilježene su na postajama koje su bliže kopnu, a više na postajama udaljenijima od kopna (Slika 11) što se vidi na slici 12 na kojoj je prikazano grupiranje postaja udaljenijih od obale sa osi koja predstavlja TIN.

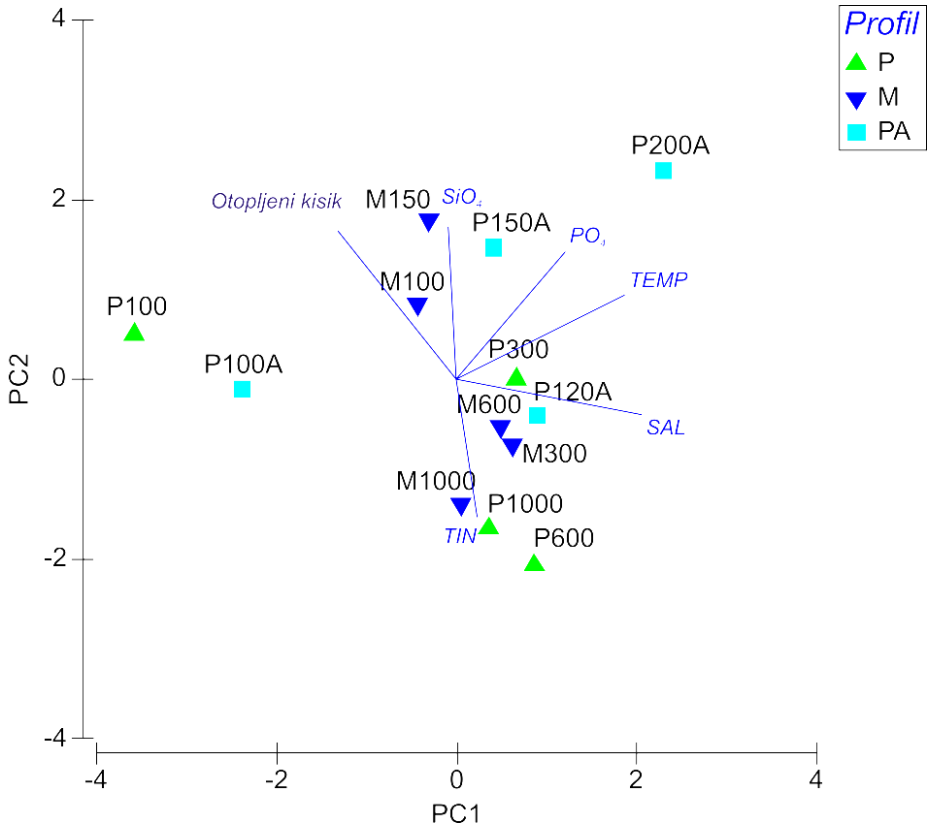


Slika 11. Vrijednosti koncentracija nutrijenata naistraživanim postajama u razdoblju od do (PO_4^{-3}- fosfat; SiO_4^{-} silikat; TIN – otopljeni anorganski dušik).

Tablica 2. Kemijski i biološki parametri sa svih postaja izmjereni u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015. god. Chl *a* – klorofil *a*; NH_4^+ - amonijak; NO_2^- - nitrit; NO_3^- - nitrat; TIN – otopljeni anorganski dušik; PO_4^{-3} – fosfat; SiO_4^- - ortosilikat.

	N	Aritmetička sredina	Medijan	Minimum	Maksimum	Donji kvartil	Gornji kvartil	Standardna devijacija
Dijatomeje (stanice/L)	104	3692	2817	80	17595	1627	4527	3062
Dinoflagelati (stanice/L)	104	46	0	0	730	0	20	129
Kokolitoforidi (stanice/L)	104	46	0	0	710	0	30	117
Ostali (stanice/L)	104	145	20	0	1420	0	190	237
MIKROFITOPLANKTON (stanice/L)	104	3930	3000	100	19700	1790	4910	3251
Chl *a* µg/L	9568	0.04	0.03	0.00	0.19	0.01	0.06	0.03
POC (mg m^{-3})	9568	94.53	93.19	82.41	183.64	87.92	99.46	8.19
NH_4^+ (µM)	103	0.31	0.21	0.07	3.21	0.14	0.29	0.40
NO_2^- (µM)	104	0.09	0.09	0.02	0.20	0.07	0.11	0.03
NO_3^- (µM)	104	0.61	0.50	0.22	1.73	0.39	0.74	0.31
TIN (µM)	103	1.01	0.90	0.44	3.65	0.70	1.15	0.47
PO_4^{-3} (µM)	104	0.28	0.22	0.07	0.87	0.17	0.31	0.19
SiO_4^- (µM)	103	2.77	2.35	1.18	11.83	2.04	3.26	1.43

Rezultati analize glavnih komponenti (PCA) (Slika 12) pokazali su grupiranje obalnih postaja P100 i P100A koje su se odvojile od ostalih uzorkovanih postaja. Glavna os PC1 najviše korelira sa temperaturom i salinitetom što rezultira odvajanjem ovih dviju postaja od ostalih (Tablica 3). Na slici 12. vidljivo je i da se postaje razlikuju po kemijskim parametrima. Na postajama P100, P100A i M100 zabilježene su velike koncentracije otopljenog kisika, a na postajama M150 i P150A zabilježene su velike koncentracije silikata. PC2 os najviše korelira sa otopljenim kisikom i silikatima, dok PC1 os negativno korelira sa ovim varijablama pa je rezultat takve korelacije grupiranje gore navedenih postaja bliže PC2 osi (Tablica 3). Postaja P200A odvojila se od ostalih postaja po najvećoj koncentraciji fosfata što je vidljivo i na slici 11., dok su postaje M1000, P1000 i P600 grupirane zajedno kao postaje sa velikom koncentracijom ukupnog otopljenog dušika (Tablica 3).



Slika 12. Analiza glavnih komponenata (PCA). Prikaz raspodjele uzorkovanih postaja prema fizikalnim i kemijskim parametrima.

Tablica 3. Pet glavnih komponenti PCA analize raspodjele uzorkovanih postaja prema fizikalnim i kemijskim parametrima.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Temperatura (°C)	0.564	0.280	0.209	0.303	0.354
Salinitet	0.622	-0.118	0.176	-0.166	-0.732
Otopljeni O_2 (mg/L)	-0.396	0.497	-0.039	0.469	-0.559
SiO_4 (μM)	-0.026	0.512	-0.261	-0.766	-0.023
PO_4 (μM)	0.366	0.429	-0.541	0.247	0.115
TIN (μM)	0.068	-0.463	-0.751	0.110	-0.119

U tablici 4. prikazane su vrijednosti za eigenvalues, varijaciju i kumulativnu varijaciju. Eigenvalue ili svojstvena vrijednost predstavlja iznos varijance koja se odnosi na određenu komponentu. Iz tablice je vidljivo da eigenvalue za PC1 iznosi 2.25, a za PC2 iznosi 1.8 dok je za ostale osi taj iznos znatno manji. Iz ovih vrijednosti je vidljivo da prve dvije osi imaju tendenciju objasniti veliku količinu varijacija (37.5% i 29.9%), a ostale osi objašnjavaju manju količinu varijacija. Kako je cilj PCA analize reducirati veliki broj varijabli u manji broj glavnih komponenti one komponente čija je svojstvena vrijednost manja od 1.00 se smatraju trivijalnima. Kumulativna varijacija predstavlja postotak različitosti između uzorkovanih postaja na temelju glavnih komponenti. Na slici 12. Vidljivo je da je većina uzorkovanih postaja raspoređena u vrlo uskom rasponu s obzirom na PC1 os što znači da ta os ne može sama objasniti veliku količinu varijacija (kumulativna varijacija iznosi 37.5%). Kombiniranjem PC1 i PC2 osi kumulativna varijacija je veća što znači da ove dvije osi objašnjavaju 67.4% varijacija, a ako pridružimo i PC3 os sve tri osi objašnjavaju 84.7% varijacija između uzorkovanih postaja.

Tablica 4. Svojstvene vrijednosti, varijacija i kumulativna varijacija glavnih komponenti PCA analize.

PC	Eigenvalues	Varijacija %	Kumulativna varijacija %
1	2.25	37.5	37.5
2	1.8	29.9	67.4
3	1.04	17.3	84.7
4	0.77	12.8	97.6
5	0.01	1.6	99.2

U Tablici 5. prikazane su vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije između fizikalnih i kemijskih parametara na svim istraživanim postajama, Speamanov koeficijent korelacije mjeri povezanost između fizikalnih i kemijskih varijabli na način da broj 1 predstavlja maksimalnu povezanost a 0 minimalnu povezanost između dviju varijabli. Predznak +/- označava smjer povezanosti varijabli. Naprimjer, kako je vidljivo iz tablice temperatura i salinitet pozitivno koreliraju što znači da se povećanjem temperature povećava i salinitet u vodenom stupcu i obrnuto, dok primjerice temperatura i gustoća morske vode negativno koreliraju što znači da se povećanjem temperature smanjuje gustoća morske vode i obrnuto što je vidljivo i na prijašnjim slikama u ovom radu. Ukupni dušik (TIN) i silikati negativno koreliraju sa temperaturom što ukazuje na to da dotok nutrijenata dolazi iz hladnije vode, a to što silikati ne koreliraju, a TIN pozitivno korelira sa salinitetom ukazuje na to da njihovo porijeklo nije sa kopna nego iz dubljih dijelova vodenog stupca.

Tablica 5. Spearmanov koeficijent korelacije fizikalnih i kemijskih parametara sa svih istraživanih postaja. Podebljane vrijednosti značajne su pri $p<0.05$

	Temp. (°C)	Salinitet	Gustoća	POC (mg m^{-3})	Otopljeni O_2 (mg/L)	Chl *a* (ug /L)	NO_3 (µM)	NO_2 (µM)	NH_4 (µM)	SiO_4 (µM)	PO_4 (µM)	TIN (µM)
Temp. (°C)	1.000											
Salinitet	**0.416**	1.000										
Gustoća	**-0.302**	**0.510**	1.000									
POC (mg m^{-3})	0.051	**-0.540**	**-0.430**	1.000								
Ot. O_2 (mg/L)	0.074	**-0.635**	**-0.823**	**0.403**	1.000							
Chl *a* (ug /L)	**0.388**	-0.114	**-0.354**	0.061	**0.546**	1.000						
NO_3 (µM)	**-0.374**	**0.418**	**0.679**	**-0.432**	**-0.665**	**-0.554**	1.000					
NO_2 (µM)	**0.241**	**-0.463**	**-0.686**	**0.621**	**0.667**	**0.396**	**-0.657**	1.000				
NH_4 (µM)	0.159	-0.167	**-0.320**	0.131	**0.349**	0.113	-0.184	**0.247**	1.000			
SiO_4 (µM)	**-0.304**	-0.026	-0.138	-0.039	0.026	**-0.202**	**0.271**	0.042	-0.155	1.000		
PO_4 (µM)	0.009	0.162	0.028	**-0.289**	0.009	0.052	0.168	-0.057	0.102	**0.328**	1.000	
TIN (µM)	**-0.383**	**0.214**	**0.454**	**-0.331**	**-0.417**	**-0.486**	**0.779**	**-0.396**	**0.299**	**0.206**	0.165	1.000

3.2. MIKROFITOPLANKTON

Rezultati brojnosti pojedinih skupina mikrofitoplanktona pokazuju da je na svim istraživanim postajama domirala skupina dijatomeja. Duž P transekta dijatomeje su dominirale na svim postajama te na svim dubinama na svakoj pojedinoj postaji. Najveća brojnost dijatomeja zabilježena na samoj površini na postaji P1000 iznosila je 12 350 stanica/L. Iz grafova je također vidljivo da je brojnost dijatomeja veća u površinskom dijelu vodenog stupca i da lagano opada sa povećanjem dubine. Također je vidljivo da na postajama P100, P300 i P600 nema velikog kolebanja u brojnosti dijatomeja, dok se na postaji P1000 vidi nagli pad brojnosti kako se povećava dubina vodenog stupca.

Najveća brojnost dinoflagelata na P transektu zabilježena je na postaji P300 na dubini od 100 m i iznosila je 710 stanica/L. Na postajama P transekta prisutnost dinoflagelata zabilježena je u površinskom sloju, dok isti na većim dubinama izostaju (iznimka je postaja P300). Ostala skupina koja spada u mikrofitoplankton (silikoflagelati, mikrokokolitforidi i euglenofiti), zabilježena je na skoro svim dubinama na svim postajama. Brojnost im je malena u usporedbi sa dijatomejama, ali veća nego kod dinoflagelata. Najveća brojnost ostalih zabilježena je na postaji P100 na dubini od 30 m i iznosila je 710 stanica/L (Slika 13).

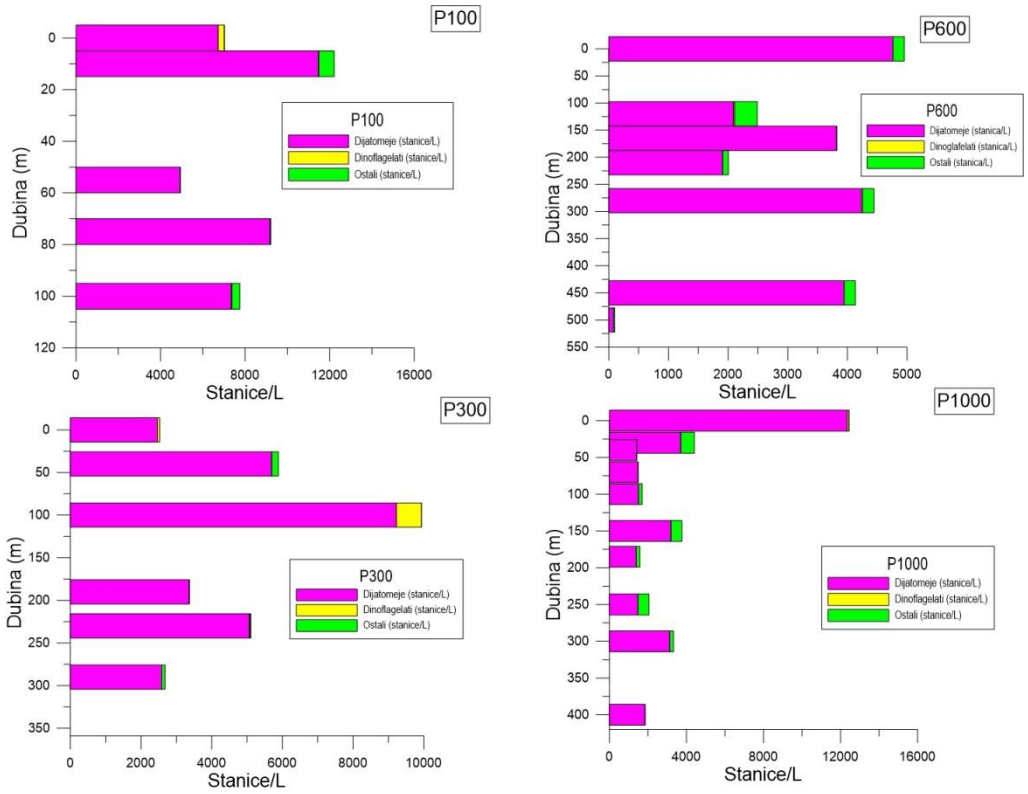
Duž M transekta također je zabilježena dominacija dijatomeja nad ostalim skupinama mikrofitoplanktona. Najveća brojnost dijatomeja zabilježena je na samoj površini na postaji M150 i iznosila je 9 175 stanica/L. Velika brojnost dijatomeja u površinskom dijelu zabilježena je na postajama M100 i M150, dok je na ostalim postajama brojnost dijatomeja bila veća na dubinama između 100 i 150 m. Sve postaje M transekta osim postaje M100 pokazuju porast brojnosti dijatomeja u sloju između 100 i 150m.

Najveća brojnost dinoflagelata zabilježena je na postaji M100 na dubini od 50 m i iznosila je 730 stanica/L. I ovdje je zabilježena općenito mala brojnost dinoflagelata na svim postajama i izostajanje njihove prisutnosti na većini uzorkovanih dubina na svim postajama M transekta. Brojnost ostalih skupina mikrofitoplanktona dosta je manja u odnosu na brojnost dijatomeja ali je njihova prisutnost zabilježena na skoro svim dubinama na svim postajama, za razliku od dinoflagelata. Najveća brojnost ostalih zabilježena je na postaji M300 na dubini od 70 m i iznosila je 710 stanica/L (slika 14).

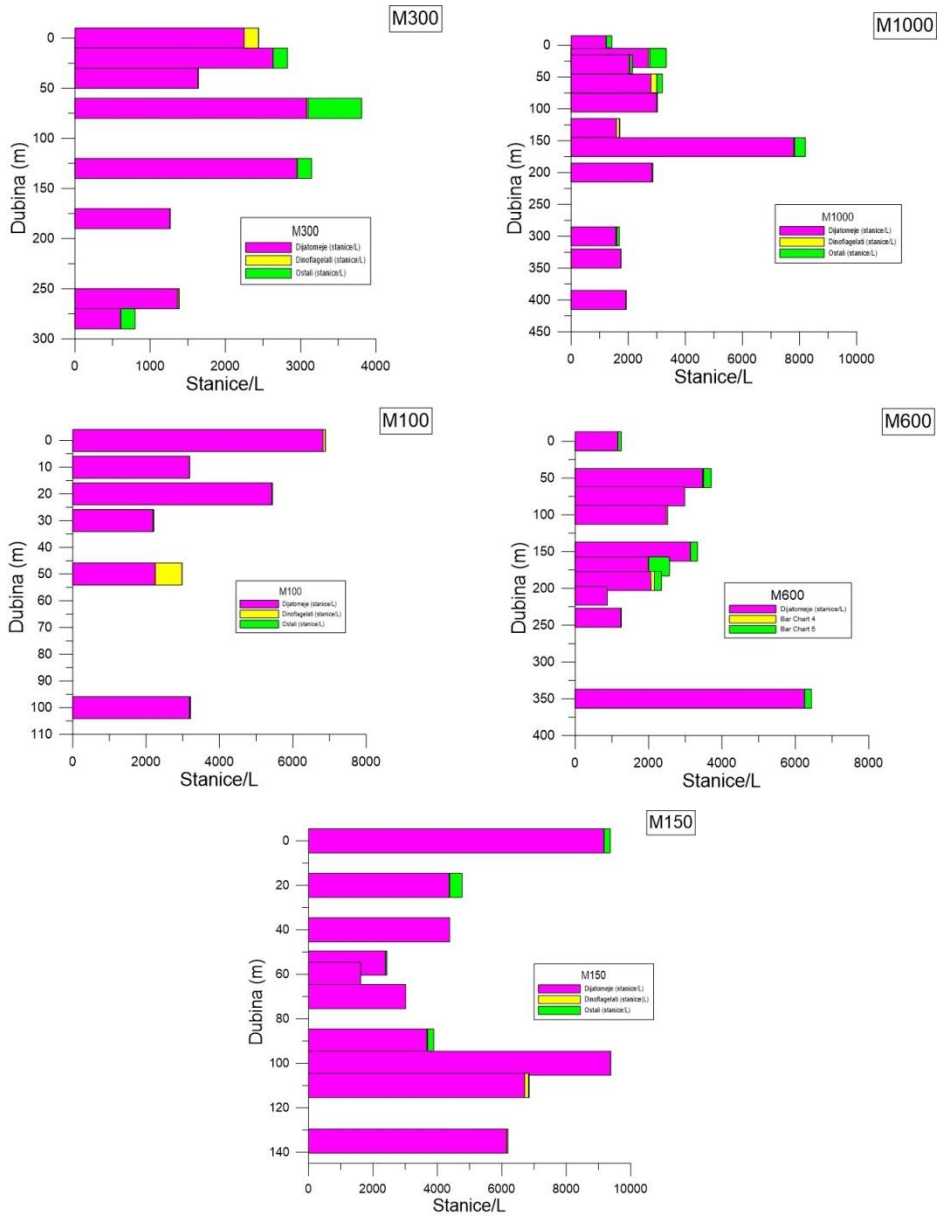
Dominacija dijatomeja nad ostalim skupinama mikrofitoplanktona zabilježena je i duž PA transekta. Najveća brojnost zabilježena je na samoj površini na postaji P100A i iznosila je

17 595 stanica/L. na postaji P100A zabilježen je pad brojnosti dijatomeja sa povećanjem dubine, dok je na ostalim postajama zabilježen porast brojnosti u sloju između 100 i 150 m. i nešto manja brojnost dijatomeja u površinskom dijelu u odnosu na dublje slojeve vodenog stupca.

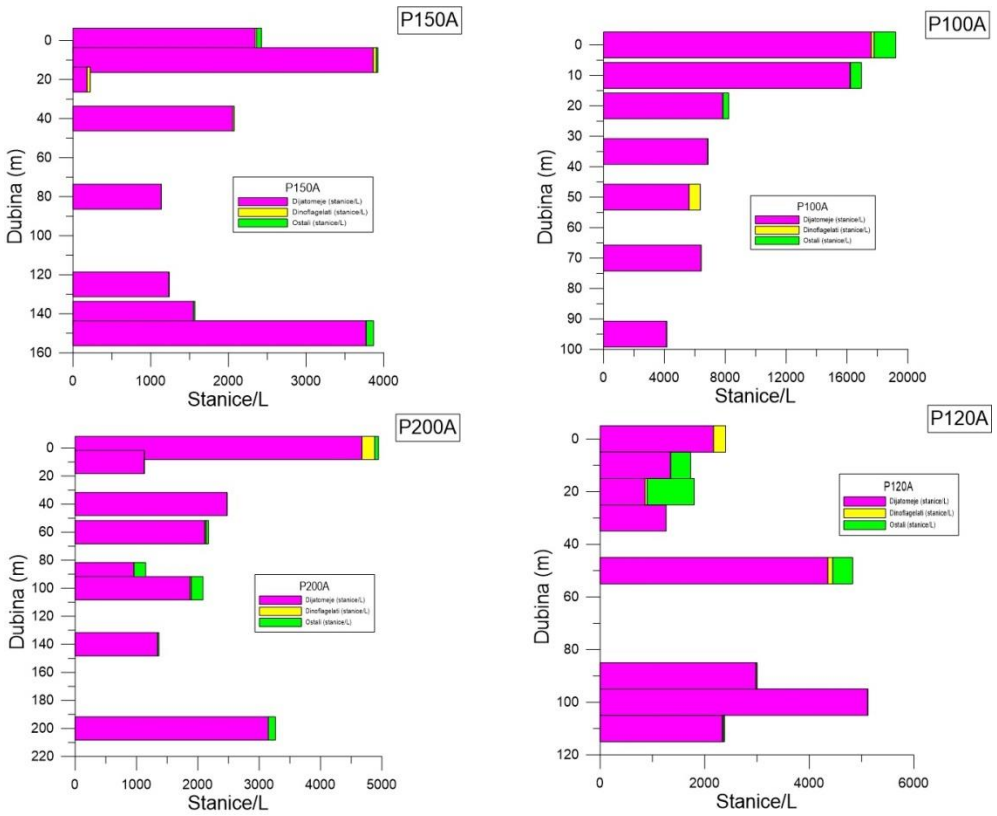
Najveća brojnost skupine dinoflagelata zabilježena je na postaji P100A na dubini od 50 m i iznosila je 730 stanica/L. Brojnost dinoflagelata jako je mala s obzirom na brojnost dijatomeja zabilježenu duž PA transekta ali je njihova prisutnost zabilježena na većini uzorkovanih dubina na svim istraživanim postajama za razliku od postaja P i M transekta. Dobiveni rezultati pokazuju pad brojnosti dinoflagelata sa povećanjem dubine (iznimka je postaja P100A). Brojnost ostalih najveća je bila na postaji P100A na samoj površini vodenog stupca i iznosila je 1 420 stanica/L. vrijednosti brojnosti ostalih organizama manje su nego one kod dijatomeja ali više on onih dinoflagelata. Zabilježena je njihova prisutnost na većini dubina na svim postajama P transekta. I ovdje je prisutan trend opadanja brojnosti sa povećanjem dubine do sloja između 100 i 150 m gdje je zabilježen porast brojnosti ostalih skupina mikrofitoplanktona (Slika 15).



Slika 13. Prikaz brojnosti određenih skupina mikrofitoplanktona duž P transekta.



Slika 14. Prikaz brojnosti određenih skupina mikrofitoplanktona duž M transekta.



Slika 15. Prikaz brojnosti određenih skupina mikrofitoplanktona duž PA transekta.

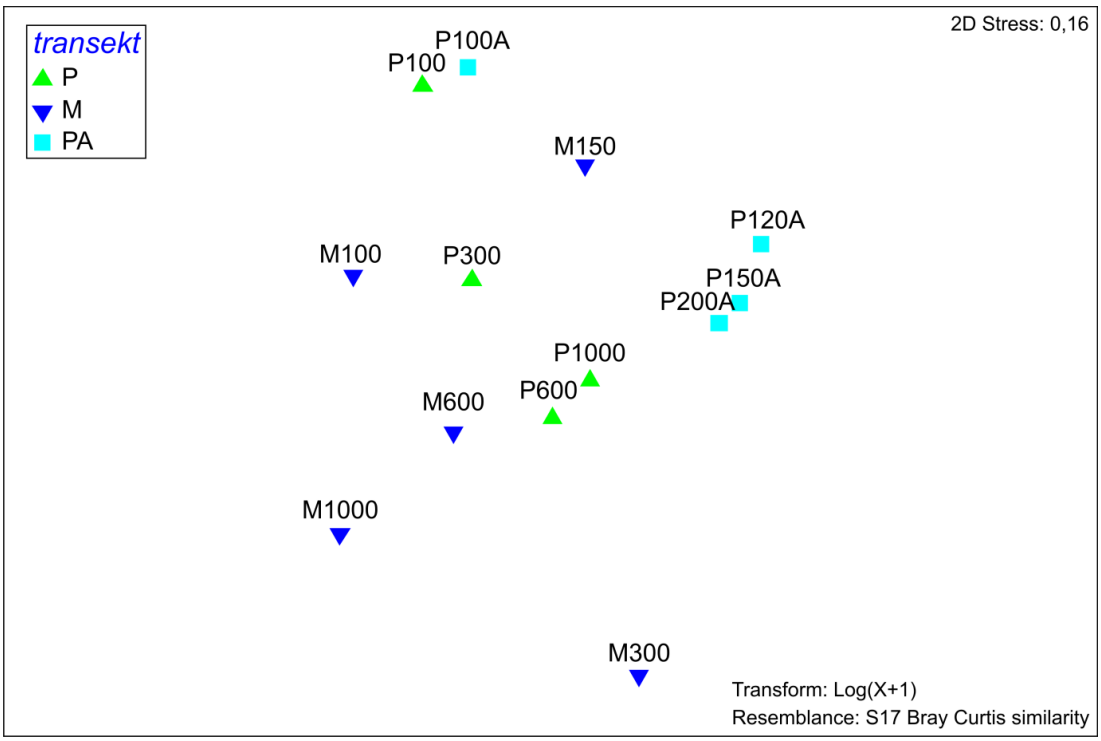
Taksonomskom analizom određena je 131 svojta mikrofitoplanktona, od kojih su dominirale dijatomeje sa 95 morfotipova. Dominantne vrste dijatomeja bile su vrste *Chaetoceros affinis, Chaetoceros* cf. *constrictus, Chaetoceros decipiens, Asterionelopsis glacialis*, grupa *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* i *Bacteriastrum furcatum.* Također je zabilježen veliki broj penatnih dijatomeja koje nije bilo moguće identificirati do razine vrste. Zabilježeno je 25 vrsta dinoflagelata, a najbrojnija vrsta je bila *Ceratium fusus*. Također, zabilježeno je 6 taksona kokolitoforida s dominacijom vrste *Calciosolenia brasiliensis,* 3 taksona silikoflagelata *Dictyocha* spp., 1 takson euglenofita te *Myrionecta rubra*, miksotrofni cilijat.

Tablica 6. prikazuje dominantne vrste mikrofitoplanktona. U tablici su prisutne samo vrste kojima je maksimum broja stanica veći od 1000 i frekvencija pojavljivanja u uzorku veća od 10%. Zbog tih uvjeta u tablici su prisutne samo vrste iz skupine dijatomeja. Takvi rezultati odgovaraju rezultatima brojnosti određenih skupina mikrofitoplanktona u kojima je vidljiva dominacija dijatomeja na svim uzorkovanim postajama.

Tablica 6. Dominantne vrste mikrofitoplanktona na istraživanim postajama u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka 2015.god.

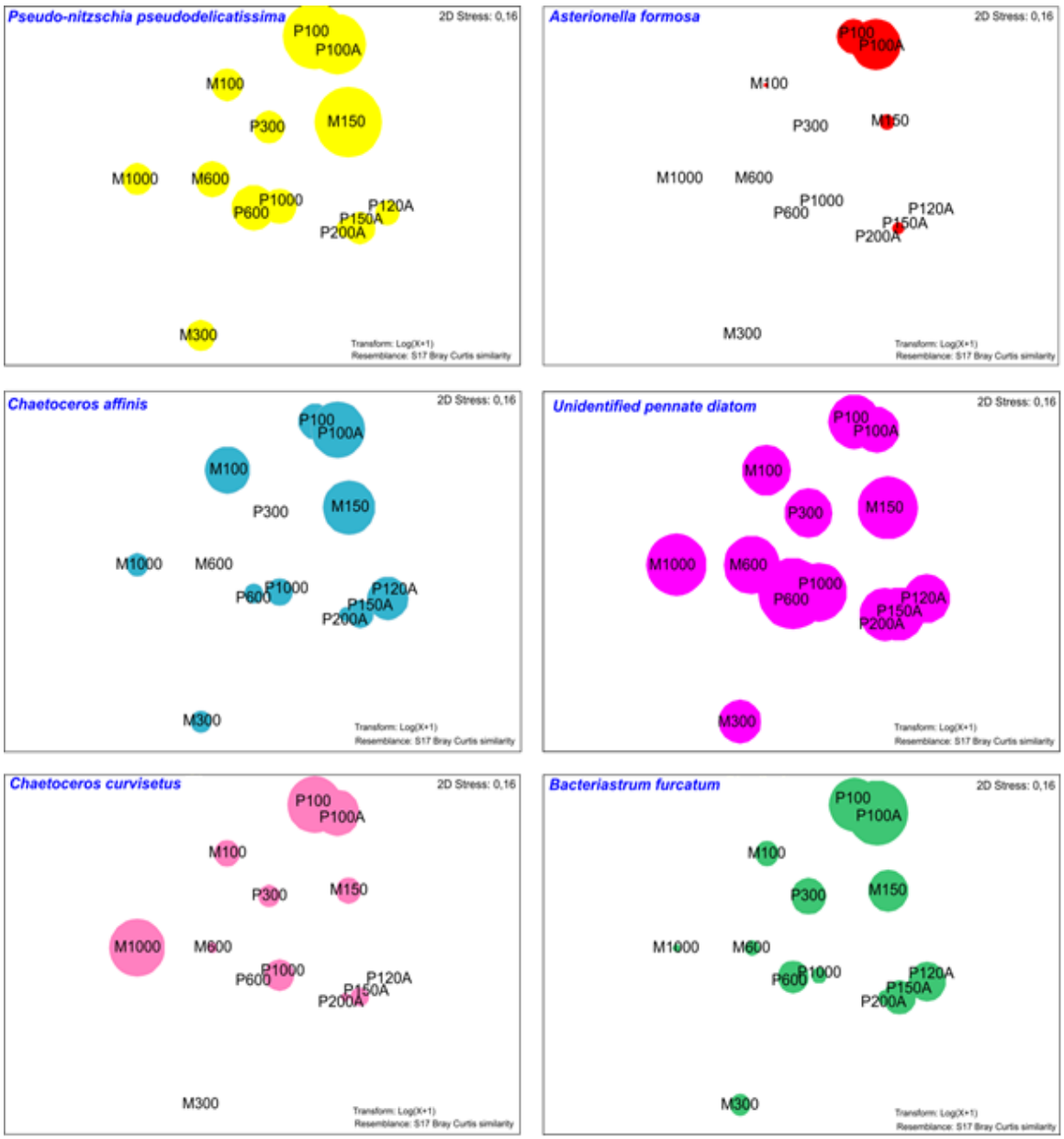
Vrste	Maksimum (stanice/L)	Frekvencija %
Bacillariophyceae		
Asterionella formosa	1520	17
Asterionelopsis glacialis	5890	23
Bacteriastrum furcatum	3040	57
Cylindrotheca closterium	1710	112
Chaetoceros affinis	2660	39
Chaetoceros cf. constrictus	4940	58
Chateoceros contortus	2375	15
Chaetoceros curvisetus	3420	33
Chaetoceros decipiens	1710	50
Chaetoceros cf. perpusillus	1140	19
Dactyliosolen phuketensis	1520	12
Unidentified pennate diatom	1140	82
Leptocylindrus danicus	1710	21
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima	3230	68
Skeletonema grevillei	7790	19
Thalassionema fraudenfeldii	1900	92
Thalassionema nitzschioides	1330	40

Rezultati nMDS analize u kojoj se na temelju brojnosti svih identificiranih vrsta mikrofitoplanktona pokušala prikazati sličnost odnosno razlika između pojedinih postaja pokazali su grupiranje postaja bližih obali (P100 i P100A; M100, M150 i P300; P120A, P150A i P200A) te postaja udaljenih od obale (P600, P1000, M600 i M1000) što ukazuje na prisutnost različitih vrsta mikrofitoplanktona na određenim postajama. Na grafu se vidi jasna odvojenost postaje M300 od ostalih istraživanih postaja što ukazuje na značajne razlike u sastavu vrsta mikrofitoplanktona na toj postaji (Slika 16).



Slika 16. nMDS prikaz usporedbe istraživanih postaja na temelju sastava vrsta mikrofitoplanktona

U sljedećem koraku izabrano je 6 dominatnih vrsta iz skupine dijatomeja i prikazana je njihova brojnost u sklopu rezultata nMDS analize da bi se prikazala njihova prisutnost na pojedinim postajama. Većina vrsta je bila brojnija na plićim postajama. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* grupa je bila zastupljena na svim postajama sa najvišim vrijednostima zabilježenim na obalnim postajama; vrsta *Asterionella formosa* je bila prisutna samo na obalnim postajama; vrsta *Chaetoceros affinis* je također bila zastupljena na svim postajama ali su veće vrijednosti zabilježene na obalnim postajama; neidentificirana penatna dijatomeja (na slici 17 :Unidentified pennate diatom) je u velikom broju bila prisutna na svim postajama; vrsta *Chaetoceros curvisetus* je bila prisutna na svim postajama osim na postaji M300; vrsta *Bacteriastrum furcatum* je u većoj ili manjoj mjeri bila prisutna na svim postajama, ali veća brojnost je zabilježena na plićim postajama (Slika 17).

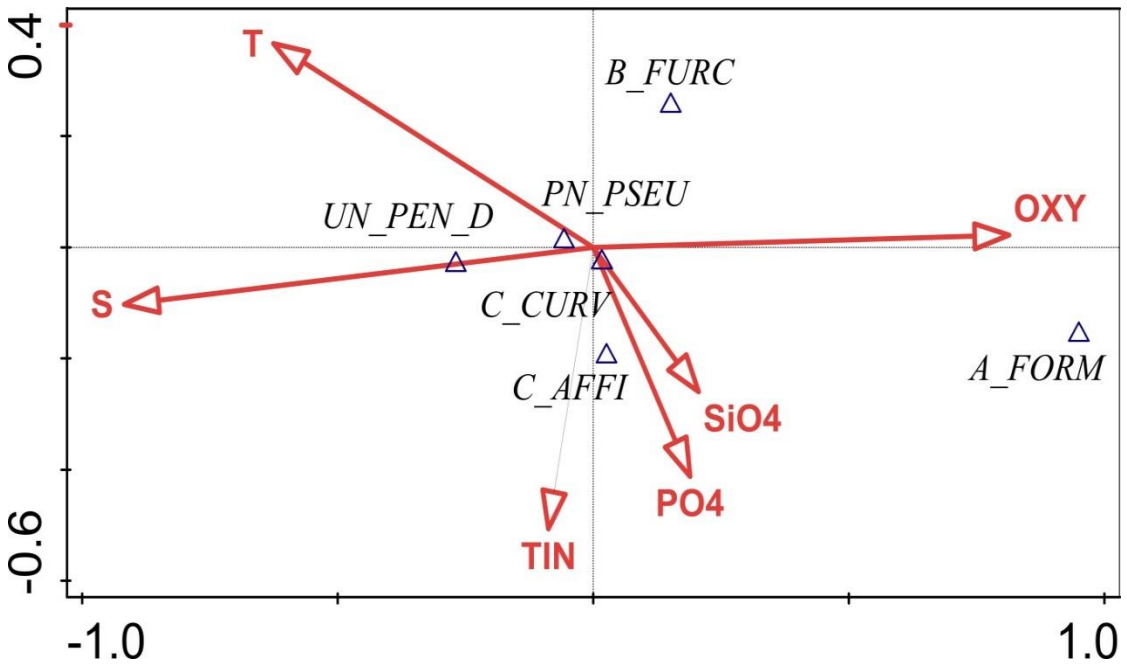


Slika 17. Prikaz brojnosti dominantnih vrsta mikrofitoplanktona na rezultatima nMDS analize istraživanih postaja na temelju sastava vrsta mikrofitoplanktona.

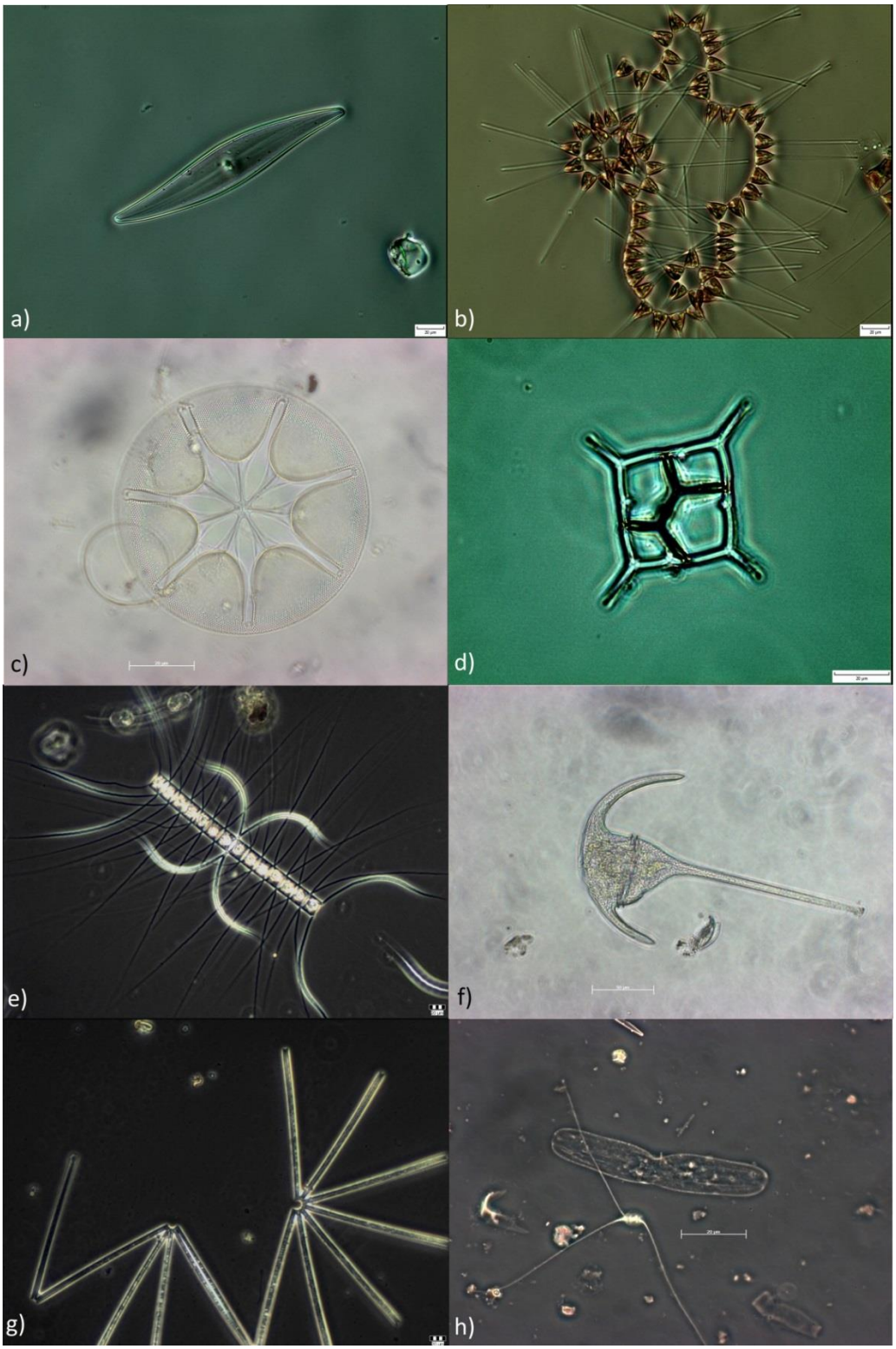
Rezultati CCA ordinacijske analize, koja je korištena radi vizualizacije odnosa pojedinih dominantnih vrsta mikrofitoplanktona i ekoloških čimbenika, pokazali su da svaka od navedenih vrsta preferira različite uvjete okoliša. Vrsta *Asterionella formosa* korelira sa otopljenim kisikom. Ovakvi rezultati su u skladu sa slikom 17 na kojoj su prikazane visoke vrijednosti brojnosti ove vrste na plićim postajama. Vrste *Chaetoceros curvisetus* koreliraju sa PO_4 i SiO_4. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* grupa korelira s temperaturom i salinitetom. Vrsta *Chaetoceros affinis* korelira s PO_4. Neidentificirana penatna dijatomeja korelira s salinitetom. (Slika 18). Prve dvije ordinacijske osi korelacijske analize objasnile su

13.34 % odnosa između vrsta i ekoloških varijabli. Prva os imala je eigenvalue od 0.12 i objasnila 10.6% dok je druga os imala eigenvalue od 0.03 i objasnila 2.74%.

Na slici 19 prikazane su neke od vrsta mikrofitoplanktona zabilježene tijekom analize uzoraka.



Slika 18. CCA prikaz brojnosti dominantnih vrsta mikrofitoplanktona s obzirom na različite ekološke čimbenike. Dvije glavne osi predstavljaju postotak varijacije, vektori predstavljaju okolišne čimbenike: T- temperatura; S- salinitet; OXY- koncentracija otopljenog kisika; PO_4- fosfati; SiO_4- silikati; TIN- anorganski otopljeni dušik.



Slika 19. Neke od vrsta mikrofitoplanktona identificirane tijekom istraživanja; a) *Pleurosigma sp.*, b) *Asterionellopsis glacialis*, c) *Asterolampra marylandica*, d) *Dictyocha fibula*, e) *Chaetoceros affinis*, f) *Ceratium sp.*, g) *Thalassionema frauenfeldii*, h) Neidentificirana penatna dijatomeja

3.3. MIKROZOOPLANKTON

Rezultati mjerenja brojnosti triju grupa mikrozooplanktona 28. veljače 2015. duž P transekta pokazuju da je na svim istraživanim postajama, te na svim dubinama na svakoj postaji domirala grupa kopepoda odnosno razvojni stadiji kopepoda (naupliji i kopepoditi) koji veličinom pripadaju mikrofrakciji zooplanktona. Najveća brojnost razvojnih stadija kopepoda zabilježena je na postaji P300 u na dubini od 58 do 75 m i iznosila je 21 082 stanica/L. iz grafova je vidljivo da se brojnost razvojnih stadija kopepoda nešto manja u površinskom dijelu vodenog stupca i lagano se povećava do sloja od 100 do 150 m ali vrijednosti se uglavnom poklapaju sa onima mikrofitoplanktona.

Druga skupina po brojnosti u vodenom stupcu duž P transekta je grupa „Protozoa“ kojoj pripadaju tintinidi (Tintinnida), zrakaši (Radiolaria) i krednjaci (Foraminifera). Pripadnici ove grupe prisutni su na svim dubinama na svakoj istraživanoj postaji u manjem broju nego razvojni stadiji kopepoda. Najveća brojnost protozoa izmjerena je na postaji 300 na dubini od 58 do 75 m i iznosila je 2 402 stanica/L. Iz grafova je vidljivo da se brojnost skupine Protozoa smanjuje sa porastom dubine i udaljavanjem od kopna sa iznimkom na postaji P1000 gdje je brojnost slična kao i na obalnim postajama.

Najmanju brojnost na svim istraživanim postajama imala je grupa „Larvae“ (meroplanktonske ličinke). Na određenim dubinama je zabilježen njihov izostanak. Najveća brojnost zabilježena je na postaji P100 u sloju od površine do dubine od 55 m i iznosila je 1 341 stanica/L. zabilježeno je smanjenje brojnosti sa povećanjem dubine na onim postajama gdje je na više dubina zabilježena prisutnost ove grupe (Slika 20).

Duž M transekta u mjerenjima koja su provedena 1. i 2. veljače također je zabilježena dominacija razvojnih stadija kopepoda. Njihova najveća brojnost zabilježena je na postaji M100 u sloju od same površine do dubine od 20 m i iznosila je 14 541 stanica/L. Na većini postaja M transekta vidljiv je pad brojnosti kako se povećava dubina vodenog stupca osim na postaji M150 gdje je najveća brojnost zabilježena na dubini od 95 do 150 m.

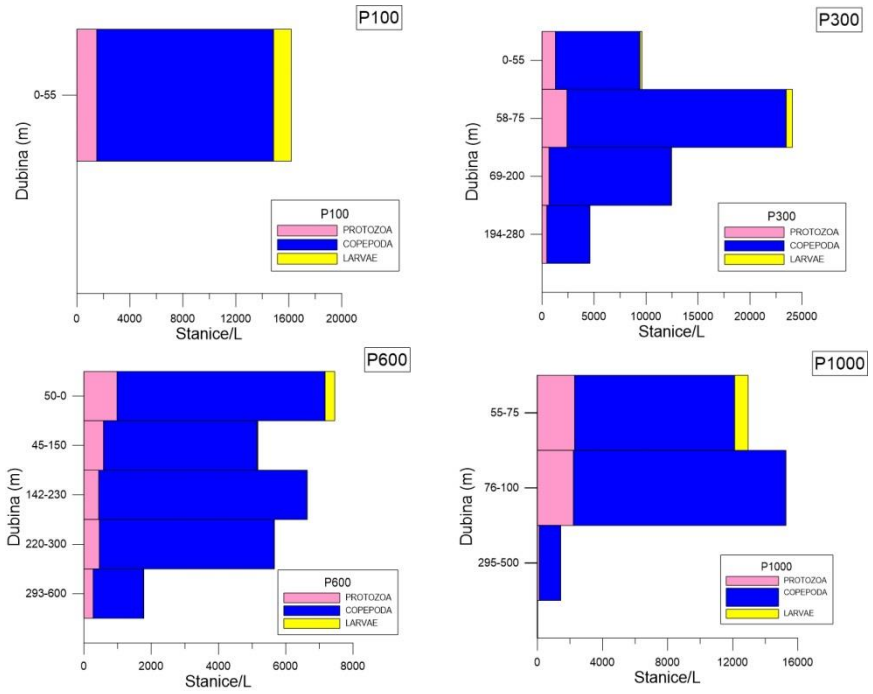
Brojnost „Protozoa“ i ovdje je daleko manja od one razvojnih stadija kopepoda. Najveća brojnost zabilježena je na postaji M100 u sloju vodenog stupca od same površine do dubine od 20 m i iznosila je 2 048 stanica/L. Na postajama M100 i M300 vidljiv je pad brojnosti sa porastom dubine, na postaji M1000 vidljiv je pik koji prikazuje porast brojnosti protozoa na dubini od 50 do 100 m, a na postaji M150 zabilježen je blagi porast brojnosti protozoa sa povećanjem dubine vodenog stupca.

Najmanje vrijednosti duž M transekta opet je imala grupa meroplanktonskih ličinki („Larvae“) iako je zabilježena njihova prisutnost na skoro svim dubinama na svim istraživanim postajama. Najveća brojnost zabilježena je na postaji M150 u sloju od same površine do dubine od 50 m i iznosila je 870 stanica/L. Iz grafova M transekta vidljiv je pad brojnosti s porastom dubine i udaljavanjem od obale (Slika 21).

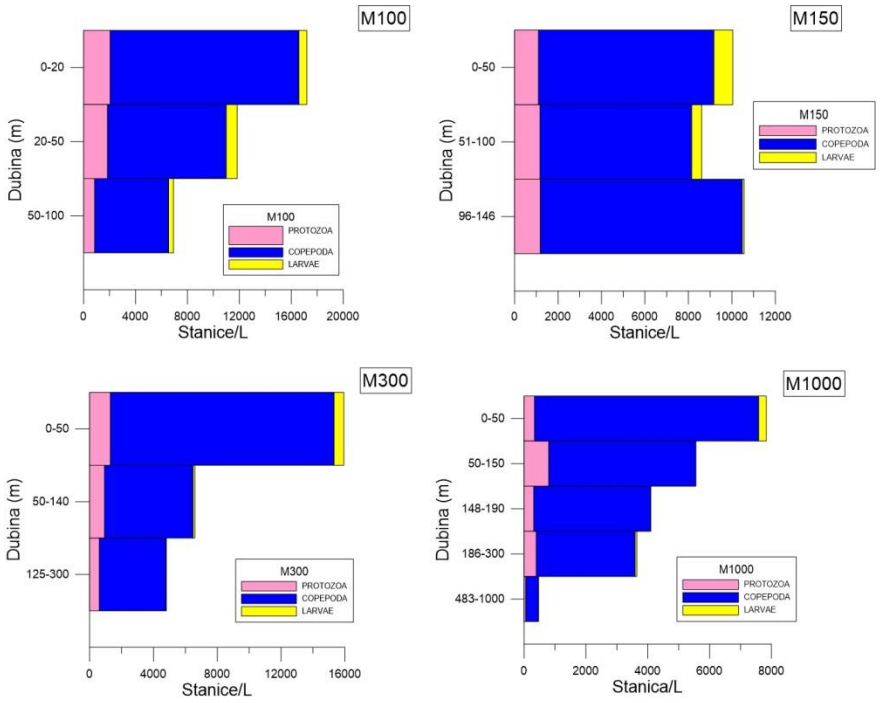
Duž PA transekta u mjerenjima provedenima 3. ožujka također je zabilježena dominacija razvojnih stadija kopepoda na svim postajama i na svim dubinama. Najveća brojnost zabilježena na postaji P200A u sloju od same površine do dubine od 50 m iznosila je 12 093 stanica/L. Iz grafova PA transekta vidljiv je pad brojnosti s porastom dubine s iznimkom na postaji P150A gdje je vidljiv blagi porast brojnosti na dubini od 95 do 150 m.

Grupa „Protozoa“ druga je po brojnosti na PA transektu. Vrijednosti su daleko manje ali je prisutnost ove skupine zabilježena na svim dubinama na svim istraživanim postajama. Najveća brojnost zabilježena je na postaji P150A na dubini od 136 do 150 m i iznosila je 2 926 stanica/L. Osim te iznimke na drugim postajama vidljiv je pad brojnosti s porastom dubine.

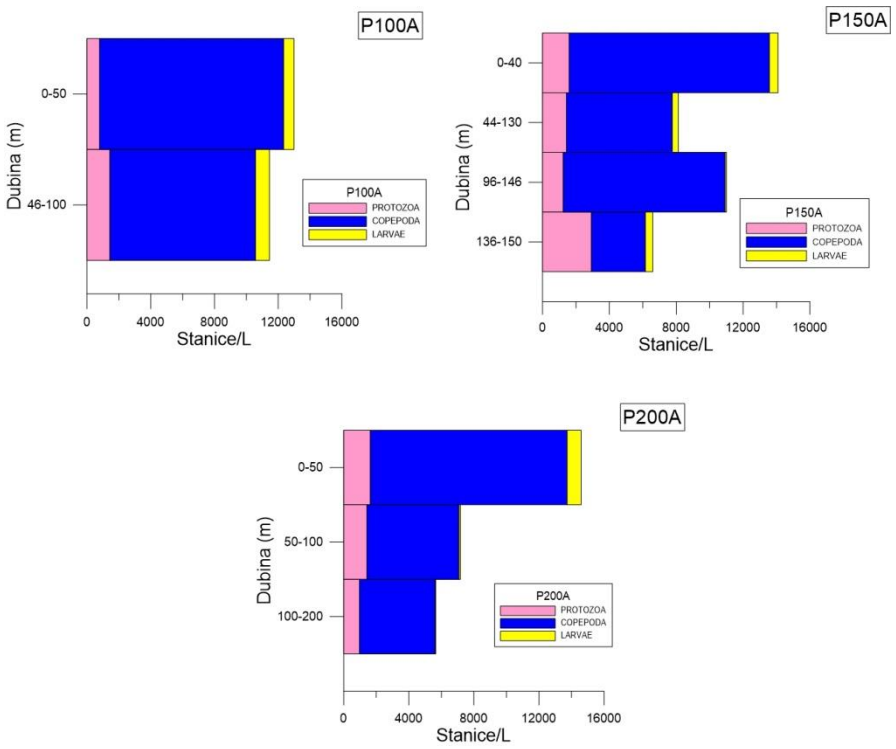
Grupa „Larvae“ i na PA transektu pokazuje najmanu brojnost naspram ostalih skupina mikrozooplanktona ali je prisutnost ove skupine, za razliku od ostalih transekata, zabilježena na svim dubinama na svim istraživanim postajama. Najveća brojnost zabilježena je na postaji P100A na dubini od 46 do 100 m i iznosila je 872 stanica/L. Na postajama P100A i P150A vidljiv je trend povećanja brojnosti u srednjem sloju vodenog stupca (50-100 m), dok se na postaji P200A brojnost smanjuje s porastom dubine (Slika 22).



Slika 20. Prikaz brojnosti određenih grupa mikrozooplanktona duž P transekta.

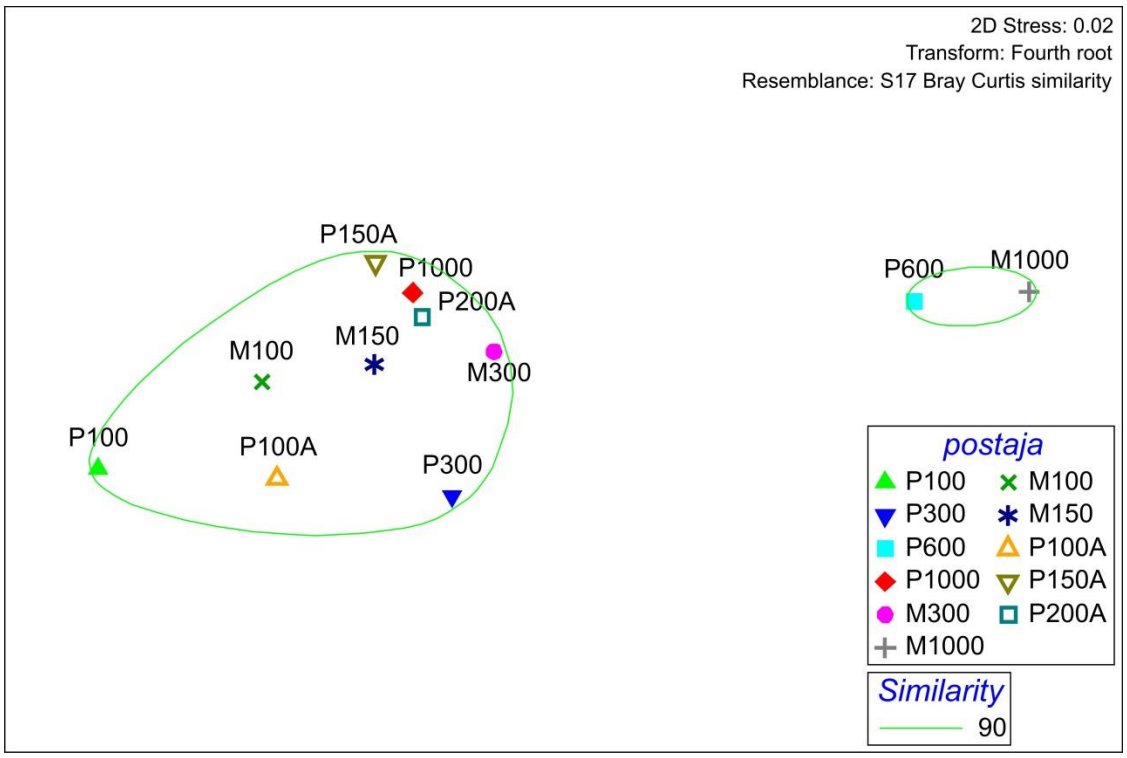


Slika 21. Prikaz brojnosti određenih grupa mikrozooplanktona duž M transekta.

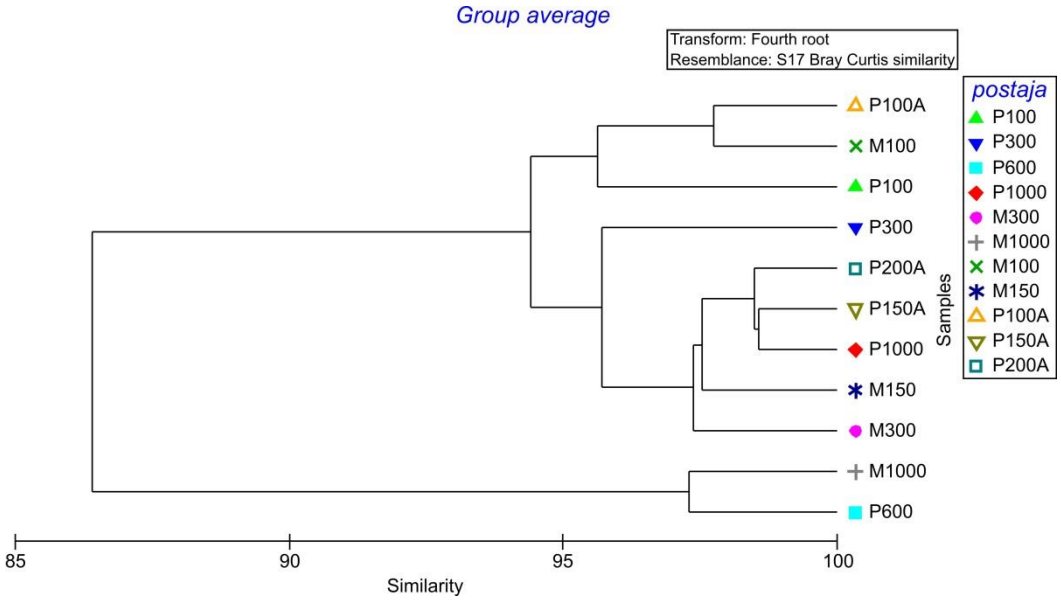


Slika 22. Prikaz brojnosti određenih grupa mikrozooplanktona duž PA transekta.

Rezultati nMDS analize u kojoj se na temelju zastupljenosti triju grupa mikrozooplanktona (Copepoda, Protozoa i Larvae) pokušala prikazati sličnost odnosno razlika između pojedinih postaja pokazali su izrazito veliku sličnost u sastavu mikrozooplanktona između većine istraživanih postaja. Iz grupe su se izdvojile samo postaje P600 i M1000 dok su se ostale postaje grupirale zajedno (Slika 23). Sličnost između te dvije grupe veća je od 85% što ukazuje na razmjerno male razlike između dviju grupa. Sličnost unutar svake grupe postaja veća je od 95% što znači da sve istraživane postaje imaju skoro isti sastav mikrozooplanktona (Slika 24).



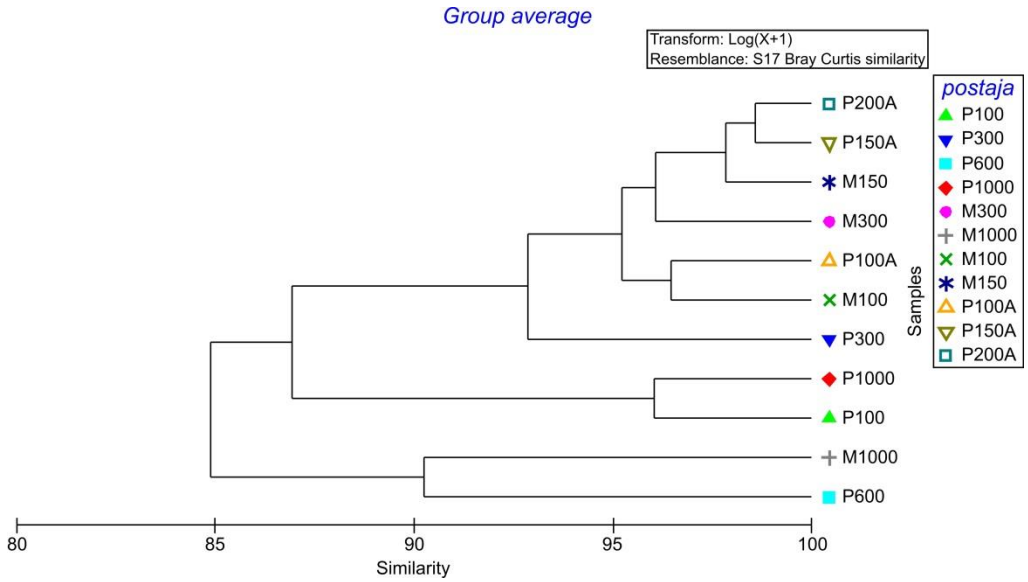
Slika 23. nMDS prikaz usporedbe istraživanih postaja na temelju sastava triju skupina mikrozooplanktona



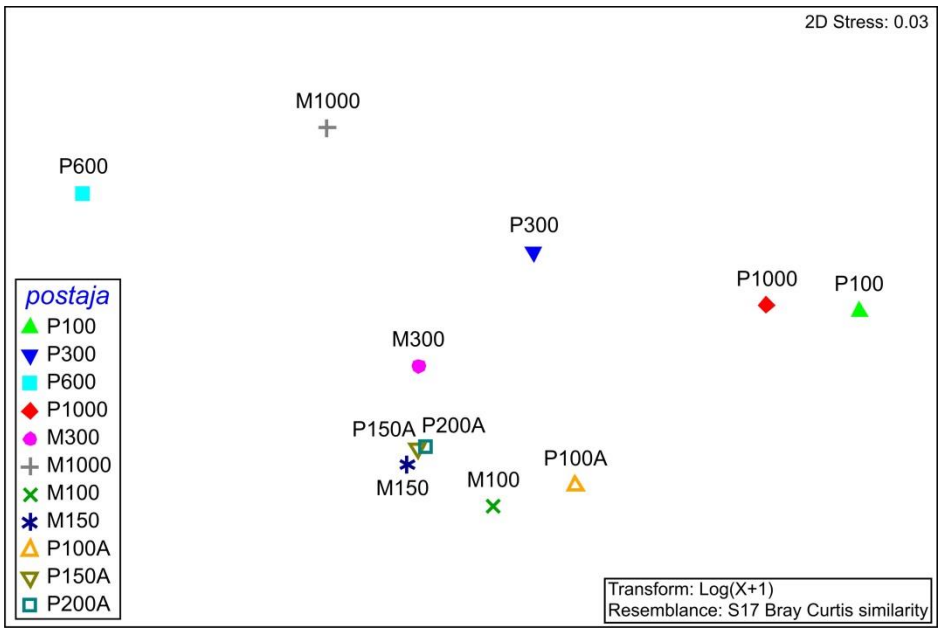
Slika 24. Klaster analiza sličnosti između istraživanih postaja na temelju sastava triju skupina mikrozooplanktona (Copepoda, Protozoa, Larvae).

Rezultati nMDS analize u kojoj se pokušala prikazati sličnost odnosno razlika između pojedinih postaja na temelju zastupljenosti određenih zajednica mikrozooplanktona

(tintinidi, zrakaši, naupliji, razvojni stadij kopepoda *Otihona sp.* te ličinke Bivalvia i Gastropoda) pokazali su također visoku sličnost između istraživanih postaja. Sličnost između postaja iznosi 85%, te su postaje grupirane u tri grupe (Slika 25). Uz postaje P600 i M1000 u posebnu grupu izdvojile su se i postaje P1000 i P100. (Slika 26).

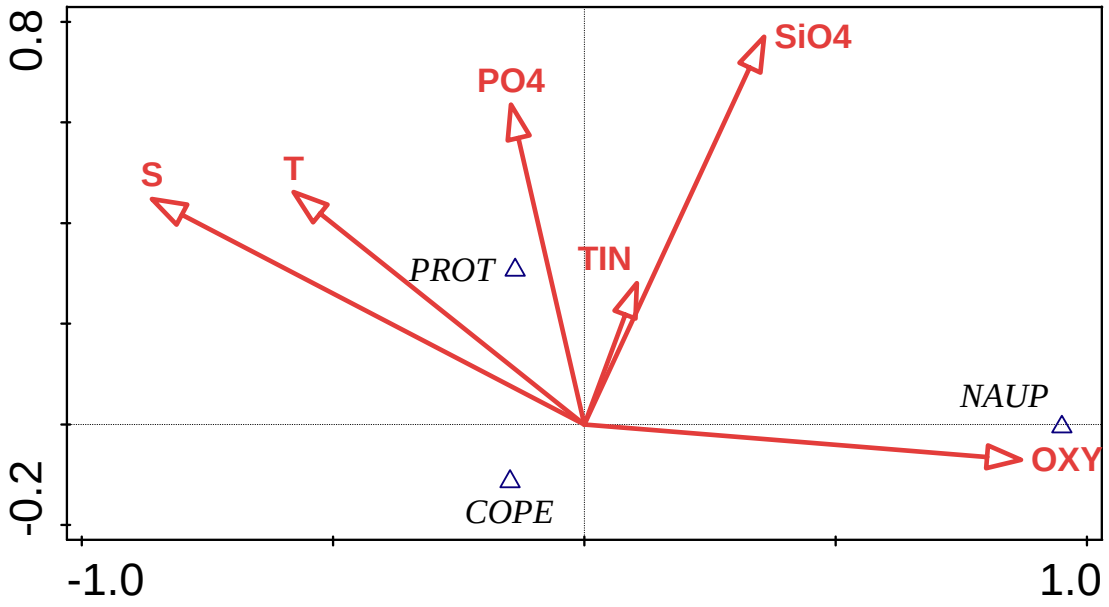


Slika 25. Klaster analiza sličnosti između svih istraživanih postaja na temelju sastava određenih zajednica mikrozooplanktona (tintinidi, zrakaši, naupliji, razvojni stadij kopepoda *Otihona nana* te ličinke Bivalvia i Gastropoda).



Slika 26. NMDS prikaz usporedbe istraživanih postaja na temelju sastava određenih zajednica mikrozooplanktona (tintinidi, zrakaši, naupliji, razvojni stadij kopepoda *Otihona nana* te ličinke Bivalvia i Gastropoda).

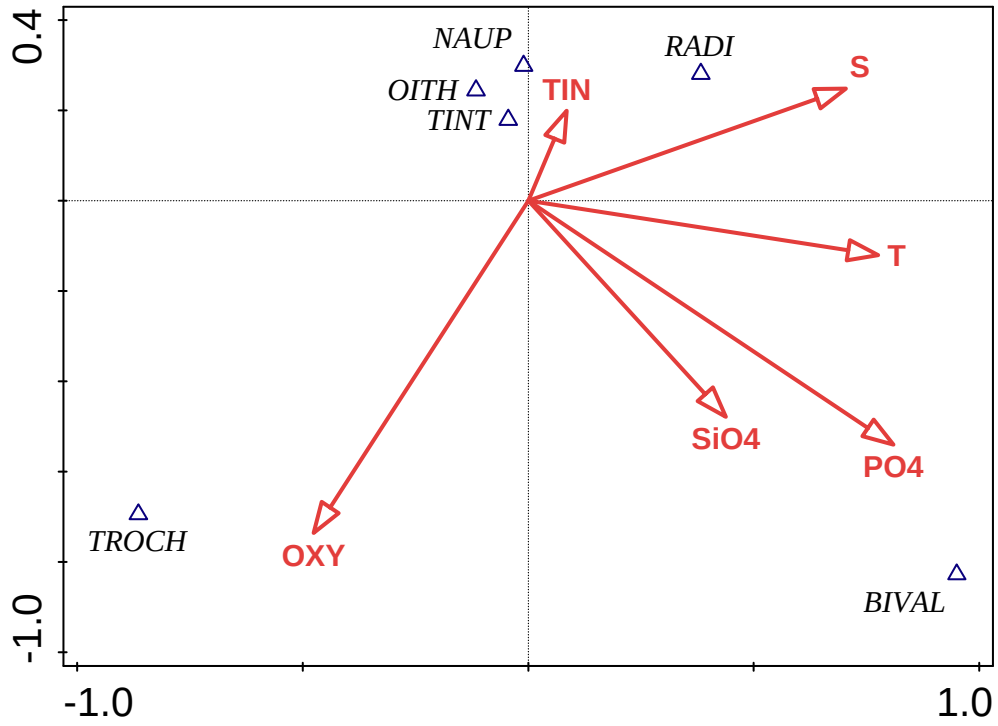
Rezultati CCA analize u kojoj su u odnos stavljene tri skupine mikrozooplanktona i ekološki čimbenici pokazali su da svaka od navedenih skupina preferira različite uvjete okoliša. Razvojni stadiji kopepoda ne koreliraju ni sa jednim parametrom. Pripadnici skupine „Protozoa“ koreliraju s koncentracijama fosfata. Naupliji koreliraju s kisikom i PO_4, (Slika 27). Svojstvena vrijednost prve CCA osi iznosi 0.009 i ta os objašnjava 72.74% varijacija, dok svojstvena vrijednost druge CCA osi iznosi 0.002 i ta os objašnjava 16:04% varijacija. Zajedno, prve dvije osi objašnjavaju 88.78% varijacije između skupina mikrozooplanktona.



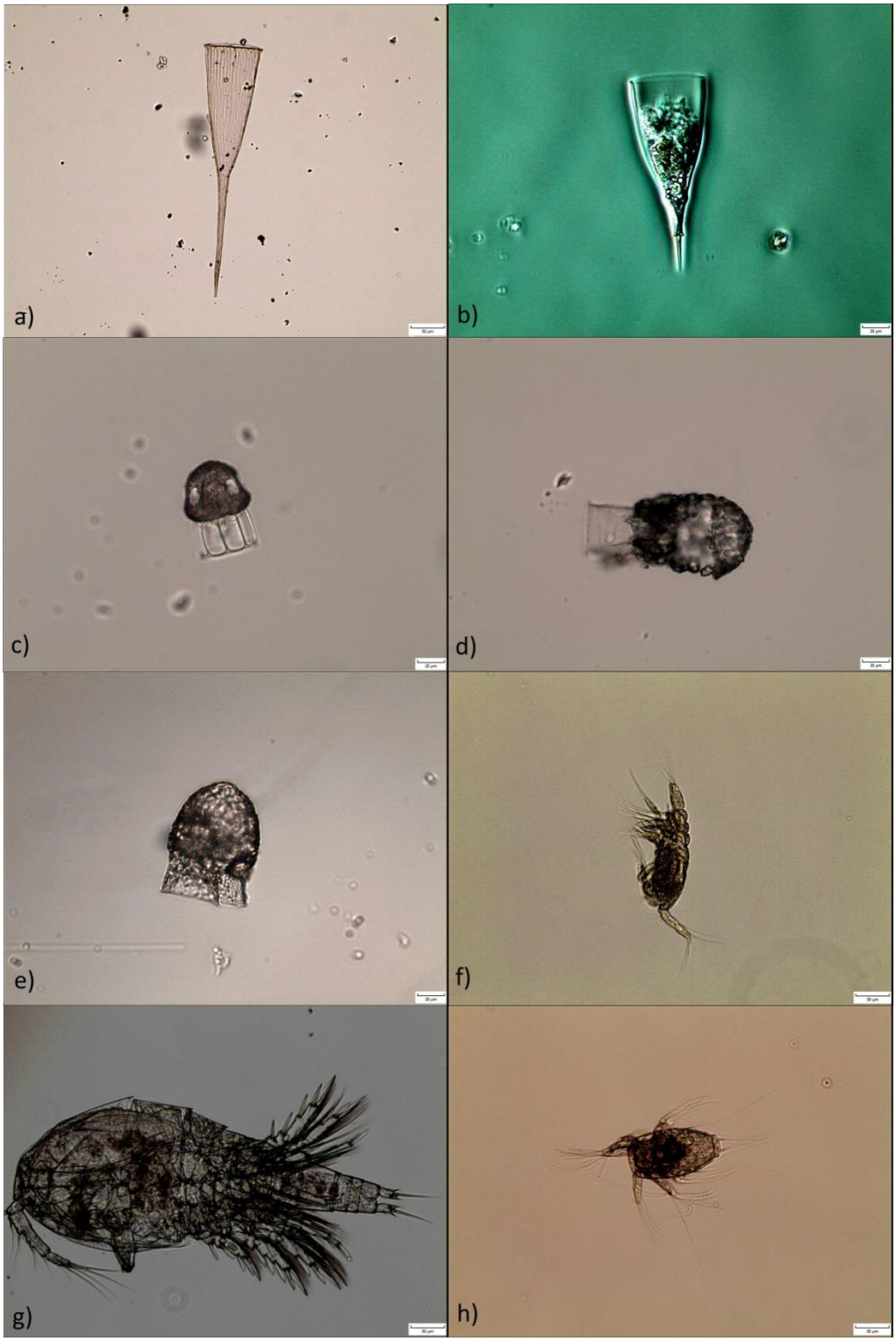
Slika 27. Kanonska korelacijska analiza (CCA). Prikaz brojnosti triju grupa mikrozooplanktona u odnosu na ekološke čimbenike. (T- temperatura; S- salinitet; OXY- koncentracija otopljenog kisika; PO_4- fosfati; SiO_4- silikati; TIN- anorganski otopljeni dušik)

Rezultati druge CCA analize u kojoj su u odnos stavljene zajednice triju skupina zooplanktona i određeni ekološki čimbenici pokazale su da zajednica također preferira različite uvjete u okolišu. Razvojni stadij kopepoda *Oithona* sp., naupliji i tintinidi koreliraju sa koncentracijom TIN-a. Zrakaši koreliraju sa salinitetom i TIN-om. Ličinke Trochophora koreliraju sa otopljenim kisikom. Ličinke Bivalvia koreliraju sa temperaturom te fosfatima i ortosilikatima. (Slika 28). Svojstvena vrijednost prve CCA osi iznosi 0.015 i ta os objašnjava 27.32% varijacija, dok svojstvena vrijednost druge CCA osi iznosi 0.013 i ta os objašnjava 23.42% varijacija. Zajedno, prve dvije osi objašnjavaju 50.74% varijacije između zajednica triju skupina mikrozooplanktona.

Na slici 29 prikazane su neke od vrsta mikrozooplanktona zabilježene tijekom analize uzoraka.



Slika 28. Kanonska korelacijska analiza (CCA). Prikaz brojnosti određenih zajednica mikrozooplanktona uodnosu na ekološke čimbenike gdje i kad (T- temperatura; S- salinitet; OXY- koncentracija otopljenog kisika; PO_4- fosfati; SiO_4- silikati; TIN- anorganski otopljeni dušik)



Slika 29. Mikrozooplankton zabilježen na istraživanim postajama; a) *Tintinnopsis radix*, b) neidentificirani tintinid 1, c) *Codonelopsis* sp.1, d) *Codonelopsis* sp.2 i e) *Codonelopsis schabii*, f i g) kopepoditi ciklopoida, h) nauplij kopepodita

4. RASPRAVA

Rezultati su pokazali da je razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka u kojem je provedeno istraživanje BIOTA 2015 vodeni stupac bio dobro izmiješan. Vrijednosti temperature i saliniteta bile su većinom uniformne od površine do dubine od 400 m. Visoke vrijednosti temperature i saliniteta na dubinama do 400 m ukazuju na ulazak Levantinske intermedijarne vode (LIW) u Jadran (Manca i Scarzzato, 2001). LIW je vodena masa koju karakterizira niska vrijednost otopljenog kisika i visoke koncentracije nutrijenata (Batistić i sur., 2012). Veće koncentracije nutrijenata zabilježene u površinskom sloju mogu biti posljedica duboke konvekcije tj. miješanja vodenih masa koje uzrokuju prijenos nutrijenata u površinski dio vodenog stupca gdje ti nutrijenti postaju dostupni primarnim proizvođačima (Civitarese i Gacic, 2001; Gačić i sur., 2002; Marra i sur., 1990; Williams i Follows, 1998). Signal Chl-*a* zabilježen je do dubine od 400 m (Slika 8) što ukazuje na nedavno poniranje površinske vode u dublje dijelove vodenog stupca.

Tijekom ovog istraživanja određena je 131 svojta mikrofitoplanktona, od kojih su dominirale dijatomeje sa 95 morfotipova. Preliminarnim analizama zabilježen je veliki broj neidentificiranih penatnih dijatomeja. Zabilježeno je 25 vrsta dinoflagelata, a najbrojnija vrsta je bila *Ceratium fusus*. Također, zabilježeno je 6 taksona kokolitoforida s dominacijom vrste *Calciosolenia brasiliensis,* 3 taksona silikoflagelata, 1 takson euglenofita te *Myrionecta rubra*, miksotrofni cilijat. Dijatomeje su bile dominantna zajednica mikrofitoplanktona u fotičkoj i afotičkoj zoni, te su pronađene na dubinama do 500 m. Takve dijatomeje se još nazivaju i „zasjenjena flora“ odnosno dio veće fitoplanktonske zajednice koja obitava na dubinama do 500 m (Bosak *i sur.*, 2015). Među dominantnim vrstama dijatomeja bile su one roda *Chaeroceros* koje se uglavnom nalaze u površinskom sloju vodenog stupca (Jasprica i Carić 2001; Jasprica i sur., 2001), grupa *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Bacteriastrum furcatum*, *Asterionelopsis glacialis i Thalassionema fraudenfeldii*. Većina dijatomeja pronađenih na većim dubinama bila je u veoma dobrom fiziološkom i morfološkom stanju što ukazuje na to da su dijatomeje nedavno dospjele iz plićih slojeva u dublje slojeve vodenog stupca (Bosak i sur. 2015.). Vrsta koja je također dominirala bila je *Asterionella formosa* koja je bila najbrojnija u plićim područjima bližim obali što je za očekivati pošto je to vrsta koja obitava u područjima pod utjecajem slatke vode. Rezultati su pokazali male razlike između dubljih i plićih postaja što se tiče sastava mikrofitoplanktonskih zajednica što ukazuje

na uglavnom uniformne uvjete u dijelu vodenog stupca do 500 m. Dominantne vrste dijatomeja pokazuju preference prema određenim okolišnim čimbenicima što onda rezultira različitom distribucijom tih vrsta na određenim postajama U ovom slučaju može se reći da autotrofi, pogotovo mikrofitoplankton, pružaju čvrste dokaze o procesima konvekcije u Južnom Jadranu. Direktni dokazi su pronalazak brojnih organizama sposobnih za život dublje od fotičke zone (Batistić i sur. 2012)

Jadransko more nalazi se u umjerenom pojasu i karakterizira ga jaka sezonska varijabilnost fitoplanktonske biomase koja svoj maksimum dostiže u proljeće (Antoine i sur., 1995). Sukladno tome najviše vrijednosti zooplanktona zabilježene su u proljeće i početkom ljeta (Kršinić, 1998). Tijekom ovog istraživanja zabilježene su velike vrijednosti gustoće mikrozooplanktona u Južnom Jadranu. Visoke vrijednosti zabilježene su za sve kopepodne razvojne stadije do dubine od 300 m. Kršinić i Grbec (2012) zabilježili su povećane vrijednosti brojnosti pojedinih kopepoditnih stadija u zimskom periodu i to do dubine od 100 m. Maksimalna vrijednost nauplija zabilježena na postaji P300 u sloju od 50 do 100 m dubine iznosila je 13 734 stanica/m^3 i to je najviša poznata vrijednost za otvorene vode Južnog Jadrana dobivena uzorkovanjem sa mrežom promjera pora od 50 µm (Lučić, usmeno priopćenje). Porast brojnosti mikrozooplanktona na većim dubinama slijedi visoku brojnost mikrofitoplanktona. Velika brojnost pojedinih grupa mikrozooplanktona na većim dubinama može biti posljedica jakog silaznog toka vode, ali i reakcija na svježe zalihe fitoplanktona povezane sa nedavnim procesom konvekcije (Batistić i sur. 2012). Uzimajući u obzir da neke dijatomeje mogu preživjeti 20 do 30 dana u tami (Peters and Thomas, 1996) moguće je da su bile važan izvor hrane za mikrozooplankton na dubinama ispod fotičke zone. Rezultati CCA analize određenih zajednica mikrozooplanktona pokazale su da na distribuciju mikrozooplanktona više utječe prisutnost određenih nutrijenata nego fizikalni čimbenici (temperatura i salinitet). Viša koncentracija nutrijenata potiče veću primarnu proizvodnju, a porast primarne proizvodnje uzrokuje brzi rast brojnosti mikrozooplanktona što potkrijepljuju rezultati koji pokazuju visoku brojnost kopepodita i nauplija. Za rane razvojne stadije mikrozooplanktona vrijeme razvoja mjeri se u danima, stoga je njihov odgovor na fluktuacije vrijednosti primarnih proizvođaća puno brži i značajniji nego kod odraslih kopepoda i većih metazoa (Calbet, 2008)

Visoke vrijednosti brojnosti mikrozooplanktona u razdoblju od 28. veljače do 3. ožujka ukazuju na to da se neposredno prije ovog istraživanja u Južnom Jadranu dogodila

ekspanzija primarne proizvodnje. Kako se u Jadranu maksimum primarne proizvodnje dostiže u proljeće (Antoine *i sur.*, 1995) vjerojatni je uzrok naglog porasta primarne proizvodnje miješanje različitih vodenih masa tj. zimska konvekcija koja je prijenosom nutrijenata u površinski sloj vode omogućila porast brojnosti mikrofitoplanktona i sukladno tome porast brojnosti mikrozooplanktona u zimskom periodu u Južnojadranskoj kotlini.

U ovom radu skrenuta je pažnja na jedan aspekt zimske ekologije Južnog Jadrana koji inače nije uključen u obrazloženje sastava, distribucije i produkcije planktonskih zajednica, a to je duboka konvekcija. Buduća istraživanja u kojima bi se naglasak stavio na učestalost, opseg i utjecaj procesa duboke konvekcije na ekosustav dodatno će poboljšati naše shvaćanje strukture i funkcije ekosustava u Južnom Jadranu. Isto tako poželjno je česće, a ne samo sezonsko ili uzorkovanje samo nekoliko mjeseci u godini da bi bolje razumjeli procese koji se odvijaju u vodenom stupcu i njihov značaj za planktonske zajednice u Jadranu.

5. ZAKLJUČCI

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da je u zajednici mikrofitoplanktona dominirala skupina dijatomeja koje su pronađene i na dubini od 500 m. Sukladno porastu brojnosti mikrofitoplanktona tijekom ovog istraživanja zabilježen je porast brojnosti mikrozooplanktona i u površinskom sloju i na većim dubinama. Zabilježene su najveće vrijednosti brojnosti mikrozoplanktona za otvorene vode Južnog Jadrana tijekom zimskog perioda.

Iz rezultata je također vidljivo da nema velikih razlika između uzorkovanih postaja s obzirom na sastav mikrofitoplanktona što je posljedica homogeniziranog vodenog stupca. Također, dominantne vrste mikrofitoplanktona pokazuju sklonost prema drugačijim uvjetima okoliša što se onda odražava na njihovoj distribuciji u vodenom stupcu. Rezultati su pokazali da nema velikih razlika među postajama u sastavu mikrozooplanktona te da distribucija određenih zajednica mikrozooplanktona ovisi o uvjetima u vodenom stupcu, pogotovo o sastavu nutrijenata.

Porast brojnosti mikrofitoplanktona u dubokom moru i očuvanost jedinki ukazuju na to da su ovi organizmi preneseni u duboke slojeve vodenog stupca puno brže nego uobičajenim mehanizmima tonjenja što je najvjerojatnije posljedica zimske duboke konvekcije. Duboka konvekcija dogodila se nedugo prije samog terenskog istraživanja kada je površinska voda bila izložena udarima bure, a u isto vrijeme slana voda iz istočnog Mediterana ušla u Južni Jadran. Jedan od dokaza da je došlo do duboke konvekcije je pronalazak fitoplanktonskih stanica na dubinama ispod fotičke zone. Odstupanja od uobičajenih sezonskih varijacija koja su zabilježena tijekom ovog istraživanja ukazuju na velike i brze promjene produktivnih uvjeta u južnom Jadranu.

Potrebna su češća istraživanja s naglaskom na učestalost, opseg i utjecaj procesa duboke konvekcije na Južni Jadran kako bi se bolje razumjeli procesi koji se odvijaju u vodenom stupcu i njihov značaj za planktonske zajednice u Jadranu.

6. LITERATURA

Antoine D., Morel A., André J. M. (1995). Algal pigment distribution and primary production in the eastern Mediterranean as derived from coastal zone color scanner observations. *J Geophys Res* **100**: 16193.

Azam F., Fenchel T., Field J. G., Gray J. C., Meyer-Reil L. A., Thingstad F. (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar Ecol Prog Ser* **10**: 257–264.

Barber R. T., Hiscock M. R. (2006). A rising tide lifts all phytoplankton: Growth response of other phytoplankton taxa in diatom-dominated blooms. *Global Biogeochem Cycles* **20**: n/a–n/a.

Batistić M., Jasprica N., Carić M., Čalić M, Garić R., Kovačević V., Njire J.,Mikuš J., Bobanović - Ćolić S. (2012). Biological evidence of a winter convection event in the South Adriatic: A phytoplankton maximum in the aphotic zone. *Cont Shelf Res* **44**: 57–71.

Batistić M., Kršinić F., Jasprica N., Carić M., Viličić D., Lučić D. (2004). Gelatinous invertebrate zooplankton of the South Adriatic: species composition and vertical distribution. *J Plankton Res* **26**: 459–474.

Benović A., Lučić D. Onofri V., Batistić M., Njire J. (2005). Bathymetric distribution of medusae in the open waters of the middle and south Adriatic Sea during spring 2002. *J Plankton Res* **27**: 79–89.

Bosak S, Bošnjak I, Cetinić I, Mejdandžić M, Ljubešić Z. (2015). DIATOM COMMUNITY IN THE DEPTHS OF THE SOUTH ADRIATIC : AN INJECTION OF CARBON BY BIOLOGICAL PUMP 1 University of Zagreb , Faculty of Science - suncica.bosak@biol.pmf.hr 2 NASA Goddard Space Flight Space Center , MD USA / USRA , Columbia , Maryland , USA A. 7608.

Boyd P. W., Watson A. J., Law C. S., Abraham E. R., Trull T., Murdoch R. (2000). A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulatedby iron fertilization. *Nature* **407**: 695–702.

Calbet A (2008). The trophic roles of microzooplankton in marine systems. *ICES J Mar Sci* **65**: 325–331.

Calbet A., Landry M. R. (2004). Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. *Limnol Oceanogr* **49**: 51–57.

Calbet A., Saiz E. (2005). The ciliate-copepod link in marine ecosystems. *Aquat Microb Ecol* **38**: 157–167.

Cetinić I., Perry M. J., D'Asaro E., Briggs N., Poulton N., Sieracki M. E. (2015). A simple optical index shows spatial and temporal heterogeneity in phytoplankton community composition during the 2008 North Atlantic Bloom Experiment. *Biogeosciences* **12**: 2179–2194.

Civitarese G., Gačić M. (2001). Had the Eastern Mediterranean Transient an impact on the new production in the southern Adriatic? *Geophys Res Lett* **28**: 1627–1630.

Clarke K. R., Warwick R. M. (2001). Clarke K. R., Warwick R. M.Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Primer-E Ltd: Plymouth, UK. .

Čalić, M., Carić, M., Kršinić, F., Jasprica, N., & Pećarević, M. (2013). Controlling factors of phytoplankton seasonal succession in oligotrophic Mali Ston Bay (south-eastern Adriatic). *Environmental monitoring and assessment*. *185*(9), 7543-7563

Dolan J. (2010). Morphology and Ecology in Tintinnid Ciliates of the Marine Plankton: Correlates of Lorica Dimensions. *Acta Protozool* **49**: 235–244.

Falkowski P. (2012). Ocean Science: The power of plankton. *Nature* **483**: S17–S20.

Field C. B., Behrenfeld M. J., Randerson J. T., Falkowski P. (1998). Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science (80-)* **281**: .

Gačić M., Civitarese G., Miserocchi S., Cardin V., Crise A., Mauri E. (2002). The open-ocean convection in the Southern Adriatic: a controlling mechanism of the spring phytoplankton bloom. *Cont Shelf Res* **22**: 1897–1908.

Gačić M., Lascaratos A., Manca B. B., Mantziafou A. (2001). Adriatic Deep Water and Interaction with the Eastern Mediterranean Sea. *Phys Oceanogr Adriat Sea* 111–142doi:10.1007/978-94-015-9819-4_4.

Gifford D. J. (1991). The Protozoan-Metazoan Trophic Link In Pelagic Ecosystems. *J Protozool* **38**: 81–86.

Grbec B., Dulčić J., Morović M. (2002). Long-term changes in landings of small pelagic fish in the eastern Adriatic-possible influence of climate oscillations over the Northern Hemisphere. *Clim Res* **20**: 241–252.

Hallegraeff G. M. (2004). *Harmful algal blooms: a global overview*. *Man Harmful Mar Microalgae* .

Hallegraeff G. M (2010). Ocean Climate Change, Phytoplankton- comunity Responses, and Harmful Algal Blooms: A Formidable Predictive Challenge. *J Phycol* **46**: 220–235.

Hinder S. L., Hays G. .C, Brooks C. J., Davies A. P., Edwards M., Walne A. W.(2011). Toxic marine microalgae and shellfish poisoning in the British isles: history, review of epidemiology, and future implications. *Environ Health* **10**: 54.

Hure, J., Kršinić, F. (1998) Planktonic copepods of the Adriatic sea. Natura Croatica, 7 (2): 1-135.

Hure, J., Ianora, A., Scotto di Carlo, B. (1980) Spatial and temporal distribution of copepod communities in the Adriatic Sea. Journal of Plankton Research, 2: 295-316.

Ivančić I., Degobbis D. (1984). An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. Water Research 18, 1143–1147.

Johnson M. D., Tengs T., Oldach D., Stoecker D. K. (2006). Sequestration, Performance, and Functional Control of Cryptophyte Plastids in the Ciliate *Myrionecta rubra* (Ciliophora). *J Phycol* **42**: 1235–1246.

Jasprica N., Carić M., Viličić D. (2001). Relationship of subsurface chlorophyll maximum to diatoms and other microphytoplankton in the southern Adriatic Sea. .

Karayanni H., Christaki U., Wambeke F. Van, Denis M., Moutin T. (2005). Influence of ciliated protozoa and heterotrophic nanoflagellates on the fate of primary production in the northeast Atlantic Ocean. *J Geophys Res C Ocean* **110**: 1–12.

Kourafalou V. H. (2001). River plume development in semi-enclosed Mediterranean regions: North Adriatic Sea and Northwestern Aegean Sea. *J Mar Syst* **30**: 181–205.

Krstulović N., Šolić M. (2006). *Mikrobiologija mora*. Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split.

Kršinić F. (1998). Vertical distribution of protozoan and microcopepod communities in the South Adriatic Pit. *J Plankton Res* **20**: 1033–1060.

Kršinić F., Grbec B. (2006). Horizontal distribution of tintinnids in the open waters of the South Adriatic (Eastern Mediterranean). *Sci Mar* **70**: 77–88

Kršinić F., Grbec B. (2012). Spatial distribution of copepod abundance in the epipelagic layer of the south Adriatic Sea. *Acta Adriat* **53**: 57–69.

Lee R. E. (2008). *Phycology* - fourth edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Lučić D., Benović A., Morović M., Batistić M., Onofri I. (2009). Diel vertical migration of medusae in the open Southern Adriatic Sea over a short time period (July 2003). *Mar Ecol* **30**: 16–32.

Manca B.B., Kovaĉević V., Gačić M., Viezzoli D. (2002). Dense water formation in the Southern Adriatic Sea and spreading into the Ionian Sea in the period 1997–1999. *J Mar*

Syst **33-34**: 133–154.

Mann D. G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia* **38**: 437–495.

Mann D G., Droop S. J. M. (1996). 3. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia* **336**: 19–32.

Marasović I., Pucher-Petković T., Petrova-Karadjova V., Bursa A., Dodge J. D., Hulburt E. M. (1990). Prorocentrum Minimum (Dinophyceae) in the Adriatic and Black Sea. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* **70**: 473.

Marra J., Bidigare R. R., Dickey T. D. (1990). Nutrients and mixing, chlorophyll and phytoplankton growth. *Deep Sea Res Part A, Oceanogr Res Pap* **37**: 127–143.

McCartney K., Witkowski J., Harwood D. M. (2010). Early evolution of the silicoflagellates during the Cretaceous. *Mar Micropaleontol* **77**: 83–100.

Not F., Siano R., Kooistra W. H. C. F., Simon N., Vaulot D., Probert I. (2012). *Chapter One - Diversity and Ecology of Eukaryotic Marine Phytoplankton*. *Genomic Insights into Biol Algae* **Volume 64**: .

Parsons, T.R; Maita, Y; Lalli, C.M. 1984 Manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford; Pergamon; 187

Peters E., Thomas D. N. (1996). Prolonged darkness and diatom mortality I: Marine Antarctic species. *J Exp Mar Bio Ecol* **207**: 25–41.

Pomeroy L. R. (1974). The Ocean's Food Web, A Changing Paradigm. *Bioscience* **24**: 499–504.

Rothstein L., Cullen J., Abbott M., Chassignet E., Denman K., Doney S. (2006). Modeling Ocean Ecosystems: The PARADIGM Program. *Oceanography* **19**: 22–51.

Schlitzer, R., Ocean Data View, odv.awi.de, 2015

Sherr E. B., Sherr B. F. (2002). Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie Van Leeuwenhoek* **81**: 293–308.

Sherr E. B., Sherr B. F. (2007). Heterotrophic dinoflagellates: A significant component of microzooplankton biomass and major grazers of diatoms in the sea. *Mar Ecol Prog Ser* **352**: 187–197.

Sieburth J. M., Smetacek V., Lenz J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1. *Limnol Oceanogr* **23**: 1256–1263.

Socal G., Boldrin A., Bianchi F., Civitarese G., De Lazzari A., Rabitti S., Totti C., Turchetto M. (1999) Nutrient, particulate matter and phytoplankton variability in the photic layer of

the Otranto strait. J. Mar. System 20, 381–398.

Taylor F. J. R., Hoppenrath M, Saldarriaga J. F. (2008). Dinoflagellate diversity and distribution. *Biodivers Conserv* **17**: 407–418.

Utermöhl H. (Schweizerbart: Stuttgart, 1958). *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik : Mit 1 Tab.* .

Viličić D., 1985: A phytoplankton study of southern Adriatic waters near Dubrovnik for the period from June 1979 to 1980. CENTRO **1**: 35–56.

Viličić D., Kršinić F., Bićanić Z. (1994) The diatom Nitzschia sicula (Castr.) Hust. and naupliar faecal minipellets in the Adriatic Sea. P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol. 15, 27–39.

Viličić D., Kršinić, F., Carić, M., Jasprica, N., Bobanović-Čolić S., Mikuš J., (1995a) Plankton and hydrography in a moderately eutrophic eastern Adriatic bay (Gru` Bay). Hydrobiologia **304**: 9–22.

Viličić D., Leder N.,Gržetić Z., Jasprica N. (1995b) Microphytoplankton in the Strait of Otranto (eastern Mediterranean). Mar. Biol. 123, 619–630.

Viličić D., Jasprica N., Carić M., Burić (1998) Taxonomic composition and seasonal distribution of microphytoplankton in Mali Ston Bay (eastern Adriatic). Acta Bot. Croat. 57, 29–48.

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

Viličić D., Kuzmić M., Bosak S., Šilović T., Hrustić E., Burić Z. (2009). Distribution of phytoplankton along the thermohaline gradient in the north-eastern Adriatic channel; winter aspect. *Oceanologia*, *51*(4).

Williams R. G., Follows M. J. (1998). Oceanography: Eddies make ocean deserts bloom. *Nature* **394**: 228–229.

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

7. ŽIVOTOPIS

Petra Raos, rođena sam 3.3.1993. godine u Splitu.
Osnovnu školu završila sam u Kaštel Starom, a srednjoškolsko obrazovanje stekla sam u općoj gimanziji „Ivan Lucić“ u Trogiru.

Preddiplomski studij biologije i ekologije mora na sveučulišnom odjelu za studije mora sveučilišta u Splitu upisala sam 2011. godine. Titulu „Sveučilišna prvostupnica biologije i ekologije mora“ stekla sam 2014. godine.

2014. godine upisala sam diplomski studij ekologije i zaštite prirode – modul more na Prirodoslovno-matematičkom faluktetu u Zagrebu.

Tijekom studija bila sam članica sekcije za biologiju mora udruge studenata biologije BIUS.
Sudjelovala sam na 5. Hrvatskom botaničkom simpoziju s međunarodnim sudjelovanjem sa poster prezentacijom:
Raos, Petra; Bosak, Sunčica; Mejdandžić, Maja; Ljubešić, Zrinka. (2016) Raznolikost mikrofitoplanktona zimi u južnom Jadranu . 5. Hrvatski botanički simpozij, Knjiga sažetaka. Rešetnik, I ; Ljubešić, Z. (ur.). Zagreb : Hrvatsko botaničko društvo. 83-84.