

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

DUBOKOMORSKE PRAŽIVOTINJE

DEEP SEA PROTOZOA

SEMINARSKI RAD

Ana Crnjak
Prediplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)
Mentor: izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

Zagreb, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRAŽIVOTINJE.....	1
3. DUBOKOMORSKI OKOLIŠ	2
4. METODE ISTRAŽIVANJA DUBOKOMORSKIH PRAŽIVOTINJA	3
5. PODRUČJA UZORKOVANJA NAJPOZNATIJIH EKSPEDICIJA DUBOKOMORSKIH PODRUČJA.....	4
6. KRATAK OPIS NAJZASTUPLJENIJH SKUPINA	6
6.1. EUGLENE.....	6
6.2. TREPETLJIKAIŠI.....	6
6.3. KREDNJACI.....	7
7. VAŽNOST PRAŽIVOTINJA U DUBOKOM MORU	8
8. BIORAZNOLIKOST I BROJNOST	9
9. HIDROTERMALNI IZVORI.....	10
10. LITERATURA.....	13
11. SAŽETAK.....	15
12. SUMMARY	15

1. UVOD

Jedan od najvećih izazova s kojim se susreću današnji biolozi je identifikacija i praćenje velikog broja vrsta koje naseljavaju zemljine ekosustave. Procijenjena globalna bioraznolikost danas varira od 10 do 100 milijuna vrsta, a zasad je opisano oko 1,6 milijuna vrsta (www.catalogueoflife.org). Dio tih vrsta su i mikroorganizmi. Jedan od razloga zašto do danas imamo toliko neotkrivenih vrsta je zbog njihovog nepristupačnog staništa. Najzanimljivije je ujedno i najveće takvo stanište, a to su morska područja dublja od 2000 m koja prekrivaju veliki dio zemljine površine. Za ova dubokomorska staništa karakteristična je trajna izolacija od svjetlosti, jako mala količina kisika i veliki hidrostatski tlak. Upravo zbog navedenih uvjeta zanimljivi su nam organizmi koji žive u takvim područjima, budući da su morali razviti neke prilagodbe. Gotovo sva istraživanja dubokomorskog okoliša fokusirana su na prokariote i životinje, dok je jednostaničnim organizmima (praživotinjama) pridano jako malo pažnje zbog teške izolacije. Istraživanja koja su provedena fokusirana su primarno na jednu taksonomsku grupu, tj. krednjake, zbog njihovog geološkog značaja i mogućnosti identifikacije na osnovu ljuštura. Iako postoje još neka istraživanja koja uključuju i bičaše, jako se malo zna o zajednici dubokomorskih praživotinja (Hausmann, 2014). Danas ipak možemo prikupiti neke podatke o praživotinjama, kroz istraživanja i ekspedicije koja su provedena diljem svijeta.

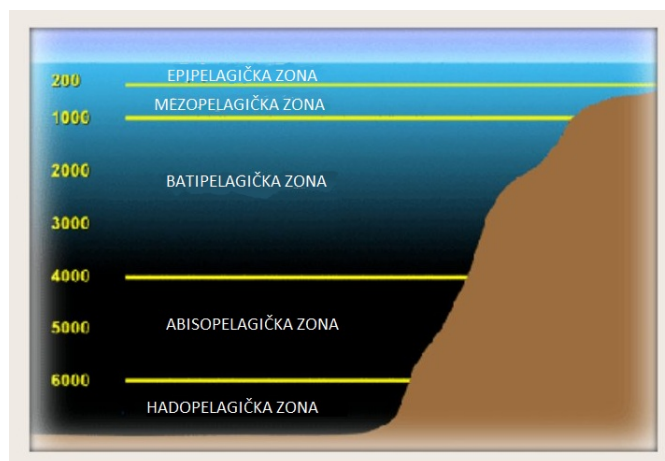
2. PRAŽIVOTINJE

Praživotinje ili protozoa su jednostanični, eukariotni organizmi koji pripadaju nekadašnjem carstvu Protista i čine veliku i raznoliku skupinu. Smatra se da su se razvile prije 1,5 milijardi godina. Njihova osnovna organizacija ostala je ista kao i tada, a do evolucije i nastanka novih razvojnih linija dolazilo je zbog specijalizacije citoplazmatskih organela i skeletnih struktura, kao i metaboličkih puteva i simbiotskih odnosa. Bez obzira na to što su organizmi sastavljeni samo od jedne stanice, oni su mnogo složenije građe od stanica mnogostaničnih životinja zato što se proces prilagodbe odvija jedino na staničnoj razini. Sve životne funkcije, od kretanja, hranjenja, pa sve do razmnožavanja, smještene su u jednoj stanici koja funkcionira kao potpuni organizam. Upravo zbog tog razloga praživotinje pokazuju specijalizacije, složene morfološke adaptacije i životne cikluse koje stanice u mnogostaničnom organizmu ne posjeduju. Danas nam je poznato oko 35000 praživotinja, od

kojih je skoro jedna trećina parazita dok ostale žive slobodno. Mogu se rasprostraniti na velike udaljenosti u pokretnom ili zaćahurenom stanju pa zato možemo reći da imaju kozmopolitsku distribuciju. Prvenstveno nastanjuju mora, slatke vode na kopnu i vlažno tlo. Poput bakterija, imaju bitnu ulogu u razlaganju tvari, u procesu recikliranja nutrijenata, a važne su i kao bakteriovori te u mnogim sustavima kontroliraju gustoću bakterija. Praživotinje grubo možemo podijeliti na: flagelatne protozoa (*Mastigophora*), alveolatne protozoa (*Alveolata*) i ameboidne protozoa (*Amoebozoa*) (Habdija et al, 2011).

3. DUBOKOMORSKI OKOLIŠ

Morski okoliš možemo podijeliti na mnogo načina. Za ovaj rad zanima nas podjela na pelagijal i bentos. Pelagićko područje (pelagijal) obuhvaća slobodnu vodu (vodeni stupac), a svi organizmi koji slobodno žive u vodenom stupcu pripadaju nektonu ili planktonu. Pelagićko područje vertikalno dijelimo na epipelgićku zonu (do 200 m), mezopelagićku zonu (200-1000 m), batipelagićku zonu (1000-4000 m), abisopelagićku zonu (4000-6000 m) i hadopelagićku zonu (ispod 6000 m dubine) (Sl. 1.). Bentosko područje obuhvaća morsko dno, te ga također možemo podijeliti prema dubini na kojoj se nalazi. Prvo, najpliće područje nazivamo litoralom (0-60 m), zatim slijede sublitoral (60-200 m), batijal (1500-2500 m), abisal (6000-7000 m) i hadal (najveće dubine, do 11000 m). U ovom radu orijentirat ću se na praživotinje koje se nalaze u dubokomorskom okolišu, tj. na one koje se nalaze ispod epipelagićke i mezopelagićke zone, što ujedno oznaćava i kraj fotićke zone (zona do koje dopire sunćeva svjetlost). Sve zone ispod 1500 m dubine nazivamo afotićkima, do njih ne prodire svjetlost i zasićenost kisikom je jako mala, temperature variraju od jako niskih do jako visokih (hidrotermalni otvori) te je hidrostatski tlak jako visok. Takvi prostori ćine oko 75%, morskog dna.



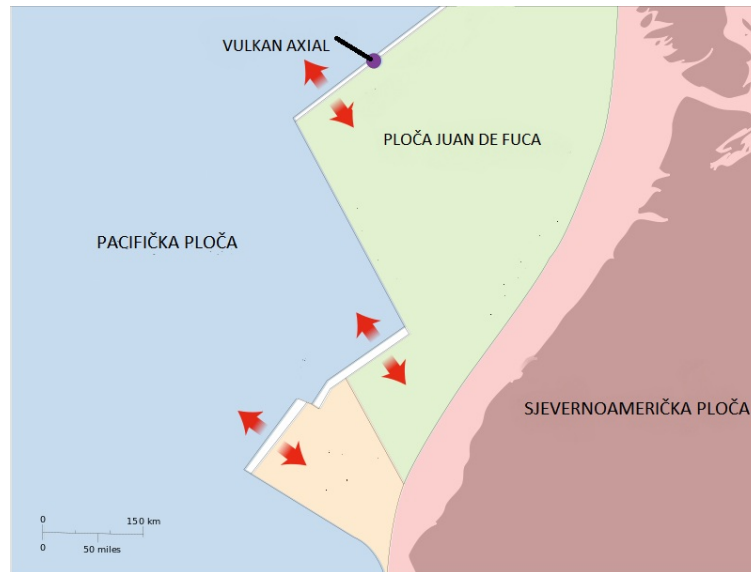
Slika 1. Vertikalna podjela pelagičkog područja (Prilagođeno prema <https://image.slidesharecdn.com/layersofocean>)

4. METODE ISTRAŽIVANJA DUBOKOMORSKIH PRAŽIVOTINJA

Kako bi se približili otkrivanju bioraznolikosti i ekološkoj ulozi praživotinja u dubokom moru provedena su razna istraživanja. Primarni ciljevi istraživanja uključivali su saznanja o bioraznolikosti, rasprostranjenosti, brojnosti i aktivnosti praživotinja u dubokom moru. Istraživanja su provedena u sklopu velikih brodskih ekspedicija od kojih su najpoznatije: METEOR (Hausmann, 2014), Malaspina 2010 (Pernice et al, 2014), NeMO (Kouris, et al, 2007), BIOSPEEDO, BIOSOPE i MoMARETO. Obzirom da osjetljivost uzoraka i promjenu uvjeta u kojima su se našli prikupljeni organizmi, istraživanja su najčešće provedena odmah na brodovima tijekom putovanja, odnosno nije se čekao dolazak u laboratorij na kopnu. U navedenim istraživanjima dubokomorskih praživotinja koristile su se mikrobiološke metode zajedno s molekularnim metodama. Mikrobiološke metode temelje se na uzgoju kulture organizama. Putem njih vrši se morfološka analiza, proučavanje bioraznolikosti ili načina života. Molekularne metode najčešće uključuju identifikaciju i filogenetsku analizu putem 18S male podjedinice rRNA te se koriste za identifikaciju vrste.

5. PODRUČJA UZORKOVANJA NAJPOZNATIJIH EKSPEDICIJA DUBOKOMORSKIH PODRUČJA

Ekspedicije u kojima su provedena istraživanja koja su uključivala praživotinje bazirala su se na različita područja u svijetu. Uzorci s NeMO-a prikupljeni su na području hidrotermalnih otvora vulkana Axial, koji se nalazi u blizini grebena Juan de Fuca, na sjeverozapadnoj obali SAD-a (Kouris et al, 2006) (Sl. 2.).



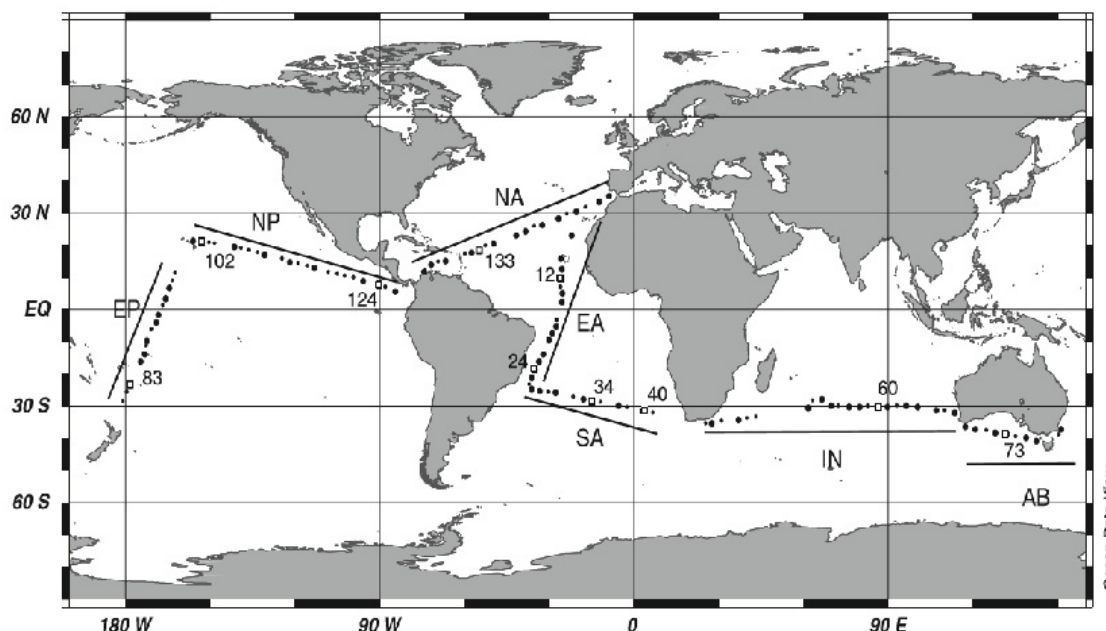
Slika 2. Mjesto uzorkovanja NeMO ekspedicije (Prilagođeno prema https://en.wikipedia.org/wiki/Axial_Seamount)

Ekspedicija na brodu METEOR bila je na Mediteranu i uzorke prikupila iz Jonskog i Levantinskog mora. Dubine s kojih su prikupljeni uzorci kreću se od 156 do 4617 m (Hausmann, 2014) (Sl. 3.).



Slika 3. Mjesta uzorkovanja METEOR ekspedicije (Preuzeto i prilagođeno iz www.english-online.at/geography/mediterranean-sea/mediterranean-sea-map.jpg)

Još jedna poznata brodska ekspedicija je Malaspina 2010. Uzorci su prikupljeni na 116 postaja diljem svjetskih oceana (izuzevši polarne dijelove). Početna točka bila je Pirinejski poluotok, a putovanje se nastavljalo preko Atlantika, zatim Indijskog i na kraju Pacifičkog oceana. Dubine s kojih su prikupljeni uzorci kreću se između 200 i 4000 m, te je sa svake postaje uzeto po 5 uzoraka sa različitih dubina (Pernice et al, 2014) (Sl. 4.).



Slika 4. Karta Malaspina 2010 ekspedicije koja prikazuje 116 stanica s kojih su prikupljeni uzorci (Preuzeto iz Pernice et al, 2014)

6. KRATAK OPIS NAJZASTUPLJENIJIH SKUPINA

U svim istraživanjima zabilježene su tri glavne skupine dubokomorskih praživotinja, a to su euglene, trepetljikaši i krednjaci.

6.1. EUGLENE

Euglene ubrajamo u bičaste (Sl. 5.). Imaju karakterističnu građu stanice i odlikuju ih 2 biča od kojih je često vidljiv samo jedan. Karakterizira ih euglenoidno kretanje. Oko trećine poznatih vrsta su fotoautotrofi, dok ih se većina hrani heterotrofno, ponekad i fagotrofno i saprotrofno. Većina ih živi u slatkim vodama, a manji dio u moru. Važni su indikatori kvalitete vode.



Slika 5. *Calkinsia aureus*; dubokomorska vrsta euglene (Preuzeto sa en.wikipedia.org/wiki/Calkinsia)

6.2. TREPETLJIKASI

Trepetljikaši imaju trepetljike, identične strukture kao i bičevi samo mnogo kraće. Njihovim usklađenim udaranjem dolazi do stvaranja metakronih valova i karakterističnog kretanja. Osim za kretanje služe i za plivanje, puzanje, prihvaćanje za određenu površinu i hranjenje. Predstavnici ove skupine imaju karakterističnu građu korteksa s pelikulom od alveola, a od ostalih praživotinja izdvajaju se i heterokarionskim jezgrama te konjugacijom kao načinom razmnožavanja.

Važna su skupina organizama jer ih pronalazimo u gotovo svim vodenim područjima: oceanima, morima, jezerima, rijekama i močvarnim tilma. Također, mogu se i hraniti na različite načine pa tako razlikujemo detritovore, bakteriovore, algivore i predatore.

6.3. KREDNJACI

Krednjaci su specifični po tome što izgrađuju kućice oko svoga tijela koje variraju u veličini, obliku, boji, građevnom materijalu, broju i organizaciji komorica. Kućice su često izgrađene od organske tvari ili kalcijeva karbonata. Najveći broj krednjaka ipak ima kućice izgrađene od vapnenca. Površina kućica je rupičasta kako bi kroz te rupice mogle proći retikulopodiji (posebna vrsta pseudopodija). Oblici kućica variraju od okruglih, spiralnih, zavijenih do ravnih. Krednjaci su jedna od najčešćih i najzanimljivijih skupina koje se javljaju u istraživanjima dubokoga mora (Sl. 6.). Njihove kućice tonu i tako stvaraju sediment na dnu mora. Prema najnovijim istraživanjima, godišnja stopa njihove produkcije CaCO_3 u oligotrofnim bentičkim područjima može doseći i do 5 kg/m^2 (Habdija et al, 2011).



Slika 6. Krednjak *Heterostegina depressa*

(Preuzeto sa https://en.wikipedia.org/wiki/Foraminifera#Deep-sea_species)

7. VAŽNOST PRAŽIVOTINJA U DUBOKOM MORU

Dubokomorski ekosustavi imaju bitnu ulogu u remineralizaciji organske tvari i fiksaciji ugljika. Iako je prepoznata važnost dubokomorskih područja, tek su se nedavno počela provoditi istraživanja koja pokušavaju pobliže opisati ključne organizme tih područja. Veliki dio oceana okarakteriziran je nedostatkom svjetla. U mezopelagičkoj zoni najčešće je smještena termoklina (sloj u kojem se temperatura naglo mjenja s dubinom) i to područje pokazuje veliku varijabilnost i bioraznolikost, uključujući i praživotinje. Ta zona smatra se ključnom za remineralizaciju organske tvari. Ispod nje nalazimo batipelagičku zonu (1000-4000 m) koja predstavlja manje heterogeno stanište. Fizikalni uvjeti u ovoj zoni podrazumijevaju niske temperature (-1 do 3°C), uz iznimke kao što su hidrotermalni otvori. Osim niskih temperatura tu se javlja i jako visok tlak (10-50 hPa) te slaba zasićenost kisikom. Obzirom da u dubokomorskim sustavima ne dolazi do fotosinteze jer je za nju neophodna svjetlost, mikrobna prehrambena mreža održava se zbog organske tvari koja dolazi iz gornjih slojeva i produkcije prokariota. Male heterotrofne praživotinje smatraju se prvim organizmima u lancima ishrane koji koriste produkte prokariota u dubokom moru. Njih u većini čine heterotrofne praživotinje za koje se smatra da imaju različite funkcionalne uloge i da su esencijalni kao članovi morske mikrobne hranidbene mreže (Pernice et al, 2014). Oni konzumiraju velike količine mikrobne biomase, služeći tako kao poveznica s višim trofičkim razinama. Veliki broj komponenti koje konzumiraju heterotrofni oblici praživotinja vraćaju se promijenjene u okoliš te ih onda koriste bakterije i arheje za daljnju produkciju (Countway et al, 2007).

8. BIORAZNOLIKOST I BROJNOST

Praživotinje su nađene na dubinama do 4000 m, ali njihova brojnost pada s porastom dubine zbog uvjeta koji se javljaju u dubokomorskom okolišu. To se može ilustrirati podacima istraživanja provedenih na ekspediciji Malaspina 2010. U mezopelagičkoj zoni prosječna brojnost je bila 72 ± 19 stanica ml^{-1} , dok je u batipelagičkoj zoni prosječna brojnost bila puno manja i iznosila 11 ± 1 stanicu ml^{-1} . Također zabilježena je i smanjena ukupna biomasa koja u mezopelagičkoj zoni iznosila 280 ± 46 pg C ml^{-1} , a u batipelagičkoj zoni se smanjila na 50 ± 14 pg C ml^{-1} (Pernice et al, 2014).

Slični podaci dobiveni su i u istraživanju eufotičke zone i dubokog mora na zapadnom dijelu sjevernog Atlantika (Countway et al, 2007). Bioraznolikost praživotinja u uzorcima iz dubokomorskog okoliša znatno je manja od uzoraka iz eufotičke zone. Uzorci koji su uzimani sa različitih postaja uzorkovanja, ali iste dubine bili su sličniji nego oni koji su uzimani s iste postaje, ali različite dubine. Praživotinje su nađene u svim dubinama vodenog stupca, od površine do najdubljih dijelova (2 500 m), što ukazuje da su to organizmi koji se mogu prilagoditi najrazličitijim uvjetima. Skupine koje su bile zastupljene u dubokomorskim uzorcima su Acantharea, Polycystinea i Euglenozoa. Najmanju brojnost imali su predstavnici Polycystineae, a zatim Acantharea. Najveću brojnost imali su predstavnici skupine Euglenozoa, za koje se smatra da imaju bitnu ulogu u remineralizaciji organske tvari. U pacifičkim uzorcima u manjim frakcijama ($0.2 - 3 \mu\text{m}$) dominiraju zrakaši (Radiolaria), a u većim ($3-10 \mu\text{m}$) ameboidni (Vannellidae) i euglenoidni (Diplonema) oblici (Sauvadet et al, 2010).

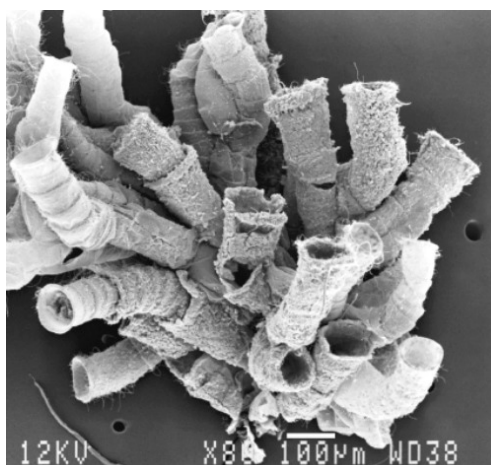
9. HIDROTERMALNI IZVORI

Hidrotermalni izvori nastaju prolaskom morske vode kroz pukotine oceanske kore na mjestima subdukcijskih zona ili centara širenja. Hladnu morsku vodu zagrijava magma te se ona tako zagrijana kroz hidrotermalne izvore ponovno vraća u more. Voda može dosegnuti temperaturu do 400°C. Takva područja nalaze se na velikim dubinama i zato su pod jako visokim tlakom. Rasprostranjeni su diljem oceana, uključujući dijelove Pacifičkog, Atlantskog, Indijskog, Južnog i Arktičkog oceana (www.nationalgeographic.org). Znanstvenici su kasnije otkrili da su bakterije te koje u tim staništima prerađuju toksične spojeve u iskoristive oblike energije pomoću procesa kemotsinteze, osiguravajući tako hranu za ostale organizme koji nastanjuju ta staništa.

Istraživanja koja uključuju praživotinje provedena su na hidrotermalnim otvorima u području vulkana Axial (Kouris et al, 2006), 6 postaja u Pacifičkom oceanu (Sauvadet et al, 2010) te u Kalifornijskom zaljevu (Coyne et al, 2013).

U području vulkana Axial sesilni kolonijalni trepetljikaši roda *Folliculinopsis* stvaraju guste svijetloplave „tepihe“ koji prekrivaju područja hidrotermalnih otvora (Kouris et al, 2007). Ti trepetljikaši žive u hitiniziranim tvorevinama, lorikama, koje sami stvaraju i pričvršćuju ih za supstrat ili jedni za druge. Primarno tvore ampulu (strukturu nalik vrećici) koja prijanja za čvrsti supstrat i onda tvori tzv. vrat nalik na cijev. Na krajnjem dijelu, trepetljikava stanica ima dva peristomalna izdanka koja se izvlače po potrebi iz lorike. Pod svjetlosnim mikroskopom utvrđeno je da je zooid ljubičasto-crvene boje, dok je lorika zeleno-plave boje (Kouris et al, 2007). Lorike variraju od 300 do 2000 µm u dužini (Sl. 7.). Plava boja koja je tipična za neke folikulidne lorike je jako izražena i uočljiva oko hidrotermalnih otvora zato što se ovi trepetljikaši gusto smještaju jedan do drugoga u velike kolonije. U području gdje se otvori nalaze na udaljenosti 50-100 cm na području od 10-20 km², područje prekriveno praživotinjama iznosi 70%.

Zabilježen je i mogući oblik simbioze sa bakterijama koje su smještene između lorika, između redova trepetljika, pogotovo na peristomalnom dijelu, a grupe bakterija locirane su i u citoplazmi, zarobljene unutar vakuola ili raspoređene po cijelom tijelu trepetljikaša. Većina tih bakterija su metanotrofi, što znači da koriste metan iz hidrotermalnih otvora kao izvor ugljika i energije. Tako trepetljikašima služe kao izvor hrane, a mogu služiti i za kemijsku obranu od potencijalnih predatora ili reducirati toksičnost hidrotermalnog okruženja.



Slika 7. *Folliculinopsis* sp. iz dubokomorskog uzorka; skenirajući elektronski mikroskop
(Preuzeto iz Kouris et al, 2006.)

Trepetljikaši su uočeni i u kalifornijskom zaljevu Guaymas na području hidrotermalnih otvora (Coyne et al, 2013). Tamošnje dno karakteriziraju debele nakupine sedimenta od 400 m. Kroz te sedimente protječe hidrotermalna voda koja je obogaćena hidrogensulfidom, niskomolekularnim organskim kiselinama, alifatskim i aromatskim hidrokarbonatima te amonijakom i metanom. Područje je karakteristično po različito pigmentiranim (bijelim, žutim, narančastim) „tepisima“ koje grade pigmentirane ili nepigmentirane bakterije roda *Beggiatoa*. Smatra se da pigmentiranost ovisi o mogućnosti bakterija da nakupljaju sumpor. One su specijalizirane za redukciju sulfata, degradaciju hidrogenkarbonata ili oksidaciju metana (Coyne et al, 2013). Područja su veličine nekoliko kvadratnih metara, a često su odvojena golim područjima, tj. sedimentom na kojem nisu bakterije. Nepigmentirana područja građena su od kemoautotrofnih vrsta tog roda (koriste CO₂ kao primarni izvor ugljika), dok su pigmentirana područja sastavljena od heterotrofnih vrsta roda *Beggiatoa*. Smatra se da imaju veliki biogeokemijski učinak na okoliš koji tvore i mikrobne zajednice koje ga nastanjuju, pa tako i praživotinje. Vjerojatno je da pružaju značajan izvor hrane za praživotinje i ostale bakteriovore.

Trepetljikaši koji se nalaze na tim područjima razlikuju se po tome nastanjuju li pigmentirane, nepigmentirane ili „gole“ površine u blizini hidrotermalnih izvora. Prema istraživanju (Coyne et al, 2013) „gola“ područja, tj. područja koja ne nastanjuju bakterije su najbogatija trepetljikašima. Oni predstavljaju 30% prisutnih vrsta (Sl. 8.). Uzorci s najmanjom raznolikošću bili su sa pigmentiranih područja, obojanih narančasto. Bijeli i žuti „tepsi“ imali su veću raznolikost od narančastih područja, ali manju od čistog sedimenta. Trepetljikaši koji su nađeni u najvećoj količini pripadaju razredu Oligohymenophorea, a zabilježena je i

značajna brojnost pripradnika razreda Spirotrichea. Za predstavnike obje skupine se smatra da imaju važnu ulogu u hranidbenoj mreži konzumirajući bakterije i njihove produkte.



Slika 8. *Paramecium caudatum*; najpoznatiji predstavnik razreda Oligohymenophorea (Preuzeto sa <http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Ciliophora/Paramecium/caudatum>)

Osim što tvore ili nastanjuju „tepihe“ na području hidrotermalnih izvora, praživotinje se pojavljuju i kao stanovnici školjkaša koji nastanjuju takva područja. Podatke o tome ilustrira nam istraživanje provedeno na hidrotermalnim izvorima duž Pacifičkog oceana (Sauvadet et al, 2010). Zabilježeno je kako su praživotinje najčešći stanovnici plaštane šupljine školjkaša *Bathymodiolus thermophilus* i *Calyptogena magnifica*. Dominiraju trepetljikaši iz razreda Oligohymenophorea, Phylopharyngea i Oligotrichea. Genetska i mikroskopska istraživanja sugeriraju da školjkaši predstavljaju relativno stabilne mikroniše u hidrotermalnim ekosustavima i vjerojatno služe kao izvor organske tvari za praživotinje i ostale organizme. Osim u školjkašima zabilježene su i praživotinje koje se nalaze na samom sedimentu ili u stupcu vode direktno iznad hidrotermalnih otvora. U tim područjima najznačajniji su pripadnici bičaša roda *Cafeteria* i *Caecitellus*, za koje se smatra da imaju razvijenu toleranciju na visoke koncentracije sumpora i metala.

10. LITERATURA

Countway D. P, Gast R, Dennett R. M, Savai P, Rose M. J, Caron A. D, 2007., Distinct protistan assemblages characterize the euphotic zone and deep sea (2500 m) of the western North Atlantic (Sargasso Sea and Gulf Stream); *Environmental Microbiology* **9(5)**, 1219-1232

Coyne J.K, Countway D.P, Pilditch A.C, Lee K.C, Caron A.D, Cary C.S, 2013., Diversity and Distributional Patterns of Ciliates In Guaymas Basin Hydrothermal Vent Sediments, *Journal of Eukaryotic Microbiology* **60**, 433-447

Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M., 2011.: Protista-Protozoa-Metazoa-Invertebrata, Struktura i funkcije, 1. izdanje, Zagreb, Alfa; str. 17-34

Hausmann K., 2014., Smallest Protists in the Deepest Depths - Flagellates from Abyssal Sea Floors, U: Hausmann K., Radek R. (ur.) Cilia and Flagella-Ciliates and Flagellates. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, str. 256-264.

Kouris A, Juniper K, Frebourg G, Gaill F, 2007., Protozoan-bacterial symbiosis in a deep-sea hydrothermal vent folliculinid ciliate (*Folliculinopsis* sp.) from the Juan de Fuca Ridge, *Marine Ecology* **28**, 63-71

Pernice C M., Forn I., Gomes A., Lara E., Alonso-Sáez L., Arrieta M J., F del Carmen Garcia, Hernando-Morales V., MacKenzie R., Mestre M., Sintés E., Teira E., Valencia J., Varela M M., Vaqué D., Duarte M C., Gasol M J. and Massana R., 2014., Global abundance of planktonic heterotrophic protists in the deep ocean, *The ISME Journal* **9(3)**, 782-792

Sauvadet A, Gobet A, Guillou L, 2010., Comparative analysis between protist communities from the deep-sea pelagic ecosystem and specific deep hydrothermal habitats, *Environmental Microbiology* **12**, 2946-2964

<https://en.wikipedia.org/wiki/Folliculinidae> (25.08.2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/Foraminifera#Deep-sea_species (25.08.2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/Axial_Seamount#/media/File:WestcoastSeaplates.svg (20.08.2017.)

www.english-online.at/geography/mediterranean-sea/mediterranean-sea-map.jpg
(20.08.2017.)

<https://image.slidesharecdn.com/layersofocean-130711053104-phpapp01/95/layers-of-ocean-2-638.jpg?cb=1402983221> (20.08.2017.)

<http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA%20MORA/PREDAVANJA/03.%20PREGLED%20MORSKIH%20STANISTA.pdf> (25.08.2017)

http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Ciliophora/Paramecium/caudatum/intactcells/sp_05.jpg (25.08.2017)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Calkinsia> (25.08.2017)

11. SAŽETAK

Dubokomorske praživotinje su veličinom sitni, ali ekološki značajni organizmi dubokomorskih ekosustava. Iako slabo istraženi, poznato je da igraju veliku ulogu u dubokomorskoj mikrobnj hranidbenoj mreži. Istraživanja dubokomorskih praživotinja provedena su na raznim znanstvenim ekspedicijama. Njihova prisutnost zabilježena je na dubinama do 4000 m, te na području svih svjetskih oceana. Kao najbrojniji pripadnici dubokih mora zabilježeni su pripadnici tri glavne skupine, a to su euglene, trepetljikaši i krednjaci. S posebnim zanimanjem proučavaju se praživotinje koje nastanjuju duboko more u području hidrotermalnih izvora, zbog svoje mogućnosti prilagodbe na ekstremne uvjete tih područja. Kod njih se javljaju i razni primjeri simbioze te zanimljivi načini preživljavanja. U ovom radu kratko je prikazano do kuda se do danas došlo u istraživanju o dubokomorskim praživotinjama te koje se metode koriste. Dan je pregled najčešćih skupina, njihove raznolikosti i brojnosti te njihove uloge u dubokomorskim ekosustavima.

12. SUMMARY

Deep sea protozoa are small yet important organisms in deep sea ecosystems. Although poorly researched, they are known to play a major role in deep sea microbial food network. Researches of deep sea protozoa were conducted in various deep sea expeditions. Their presence has been recorded at depths up to 4000 m, in all of the world's oceans. The most abundant are members of three major groups: euglenozoa, ciliates and foraminiferans. There is special interest in protozoa that live in deep sea hydrothermal environments because of their possibility to adjust to extreme conditions. They also provide different examples of symbiosis and interesting survival strategies. In this work, brief overview is given on deep sea protozoa research and research methods until now. The most common groups are reviewed as well as, their diversity and abundance with their role in deep sea ecosystems.