

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Sara PLESNIK

**LETNA DINAMIKA MREŽNEGA ZOOPLANKTONA
V TRŽAŠKEM ZALIVU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Sara PLESNIK

**LETNA DINAMIKA MREŽNEGA ZOOPLANKTONA V TRŽAŠKEM
ZALIVU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ANNUAL DYNAMICS OF THE NET ZOOPLANKTON IN THE
VARIABLE CONDITIONS IN THE GULF OF TRIESTE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključno delo Univerzitetnega študija biologije na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Morski biološki postaji Piran, eni izmed enot Nacionalnega inštituta za Biologijo.

Študijska komisija Oddelka za biologijo, je na senatu dne 13. 4. 2012 za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Alenko Malej, za recenzenta prof. dr. Mihaela J. Tomana in za predsednico komisije doc. dr. Simono Prevorčnik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Simona PREVORČNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Alenka MALEJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, NIB

Datum zagovora: 7. 5. 2014

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki popolnoma enaka tiskani verziji.

Diplomska naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Sara Plesnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 574.583(043.2)=163.6
KG	Mezozooplankton/številčnost/Tržaški zaliv/ZooScan
AV	PLESNIK, Sara
SA	MALEJ, Alenka (mentorica)
KZ	SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2013
IN	ZOOPLANKTON V TRŽAŠKEM ZALIVU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 55 str., 3 pregl., 41 sl., 44 vir.
IJ	Sl
JI	sl/en
AI	Preučevali in analizirali smo združbe mrežnega zooplanktona, ter se osredotočili na vzorce, zbrane v letih 2005 in 2008 v Tržaškem zalivu. Primerjali smo dinamiko in sestavo združb v različnih trofičnih pogojih. Izhajali smo iz povprečnih sezonskih in medletnih vrednosti, dobljenih s statistično obdelavo podatkov. V laboratoriju smo vzorce razredčili s Folsomovim delilcem in jih analizirali z ZooScan-om. Izračunali smo skupno številčnost preučevanih taksonov za posamezne mesece za leto 2005 ter 2008. Dobljene vrednosti smo uporabili za določanje številčnosti posameznih taksonov glede na skupno številčnost. V obeh letih so prevladovali ceponožni raki (Copepoda), razen v obdobju od julija do septembra, ko je bila dominantna vodna bolha <i>Penilia avirostris</i> . Primerjava procentnih deležev posameznih taksonomskih skupin med obema letoma je pokazala pomembne spremembe v taksonomski sestavi združb v letu 2008. Opazili smo upad številčnosti dveh, sicer značilnih, taksonomskih skupin: cevkačev (Siphonophora) in ličink iglokožcev (Echinodermata), sledil pa jima je rod vodnih bolh <i>Evadne</i> sp. Sočasno je narasla številčnost nekaterih skupin, najbolj pri ličinkah mnogoščetincev (Polychaeta), kar je razvidno iz izračuna skupne številčnosti taksonov v posameznih mesecih. Sledile so sčetočeljstnice (Chaetognatha) in plaščarji iz družine Doliolidae, torej dve izredno pomembni taksonomski skupini.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC UDK 574.583(043.2)=163.6
 CX Mesozooplankton/abundance/Gulf of Trieste/ZooScan
 AU PLESNIK, Sara
 AA MALEJ, Alenka
 PP SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 111
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
 PY 2013
 TI ZOOPLANKTON IN GULF OF TRIESTE
 DT Graduation thesis (University studies)
 NO X, 55 p., 3 tab., 41 fig., 44 ref.
 LA SI
 AL sl/en
 AB We studied and analysed zooplankton communities with the emphasis on samples gathered in years 2005 and 2008 in the Gulf of Trieste. We compared the dynamics and structure in various trophic conditions. We based our analysis on average seasonal and annual numbers gained with the statistical data analysis. We diluted the samples with the use of Folsom diluter and analysed them with ZooScan. We calculated the total number of the studied taxons for individual months in years 2005 and 2008. Then we used the numbers to define the numbers of individual taxons according to the total number. The taxons most numerous in both years were copepods, with the exception of the period from June to September when they were outnumbered by *Penilia avirostris* from the order of Cladocera. The comparison of the percentage of the two taxonomic groups in 2005 and 2008 showed important changes in the taxonomic structure of the zooplankton communities in year 2008. We noticed a decrease in the percentage of two, otherwise typical taxonomic groups: siphonophores and the larvae of echinoderms, followed by an order *Evadne* sp. Simultaneous with this we noticed an increase in the number of some groups, namely the larvae of polychaetes, which can be seen from the calculation of the total number of taxons in individual months. They were followed by the phylum Chaetognatha and subphylum Tunicata from the family Doliolidae, two very important taxonomic groups.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 ZGODOVINA RAZVOJA OPTIČNIH METOD ZA PREPOZNAVANJE PLANKTONSKIH ORGANIZMOV	3
1.3.1 Razlaga pojma »bottom-up« kontrola	4
1.4 EKOLOGIJA, BIOLOGIJA IN RAZVOJ MREŽNEGA ZOOPLANKTONA	5
1.4.1 Siphonophora	5
1.4.1.1 Hidromeduze	6
1.4.2 Tomopteridae (Polychaeta, Annelida)	7
1.4.2.1 <i>Tomopteris helgolandica</i>	7
1.4.3 Cavolinioidea (Gastropoda, Mollusca)	8
1.4.4 Cladocera (Phyllopoda, Crustacea)	9
1.4.4.1 <i>Penilia avirostris</i> (družina Sididae)	9
1.4.4.2 <i>Evadne spinifera</i> (družina Podonidae)	10
1.4.4.3 <i>Evadne tergestina</i> (družina Podonidae)	11
1.4.5 Copepoda (Crustacea)	11
1.4.5.1 Calanoida	11
1.4.5.2 Cyclopoida	12
1.4.5.3 Harpacticoida	12
1.4.6 Ličinke rakov (Crustacea)	12
1.4.7 Chaetognatha	13
1.4.8 Ličinke Echinodermata	14
1.4.8.1 Ličinke Asteroidea	14
1.4.8.2 Ličinke Ophiuroidea in Echinoidea	15
1.4.9 Tunicata	15

1.4.9.1	Appendicularia/Larvacea	16
1.4.9.2	Thaliacea	17
1.4.11	Ličinke polžev (Gastropoda)	18
1.4.12	<i>Noctiluca scintillans</i> (Dinoflagellata, Eukaryota)	18
2	PREGLED OBJAV	18
3	MATERIAL IN METODE	23
3.1	OBMOČJE RAZISKAVE	23
3.1.1	Tržaški zaliv	23
3.2	VZORČENJE MREŽNEGA ZOOPLANKTONA	23
3.2.1	Fizikalno-ke mijski parametri (kot spremljajoči dejavniki)	23
3.2.2	Biološki parametri	24
3.3.1	Priprava vzorca	27
3.3.2	Priprava ZooScan-a	28
3.3.3	Potek dela	29
3.4	DOLOČANJE ŠTEVILČNOSTI S POMOČJO PODATKOV, PRIDOBLENIH OPTIČNIM MIKROSKOPOM	32
4.	REZULTATI	33
4.1	ABIOTSKI PARAMETRI	33
4.2	KLOROFILNA BIOMASA	35
4.3	MEZOOZOOPLANKTON	35
4.3.1	Suha masa vzorca	35
4.2.2	Vrstna sestava in številčnost mrežnega zooplanktona	36
5	RAZPRAVA	48
6	SKLEPI	50
7	POVZETEK	51
8	VIRI	52
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izmerjene povprečnih vrednosti (AV) slanosti in temperature z upoštevanjem standardne deviacije (SD) po mesecih, od leta 2005 do leta 2011	33
Preglednica 2: Številčnost posameznih taksonomskih skupin po mesecih v letu 2005	37
Preglednica 3: Številčnost posameznih taksonomskih skupin po mesecih v letu 2008	38

KAZALO SLIK

Slika 1:	Velikostni razredi planktona	2
Slika 2:	Predstavnik Siphonophora pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki	6
Slika 3:	Ličinka mnogoščetinca (Polychaeta) pod svetlobnim mikroskopom	8
Slika 4:	<i>Creseis</i> sp. pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki	9
Slika 5:	<i>Evadne</i> sp. pod svetlobnim mikroskopom	10
Slika 6:	Predstavnik reda Calanoida pod svetlobnim mikroskopom	12
Slika 7:	Ličinka deseteronožca (zoeja) pod svetlobnim mikroskopom	13
Slika 8:	Predstavnik rodu Sagitta (Chaetognatha) pod svetlobnim mikroskopom	14
Slika 9:	Ličinka iglokožca (pluteus) pod svetlobnim mikroskopom	15
Slika 10:	<i>Oikopleura</i> sp. pod svetlobnim mikroskopom	17
Slika 11:	Predstavnik doliolidov (Tunicata: Thaliacea) pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki	18
Slika 12:	Ličinka polža pod svetlobnim mikroskopom	18
Slika 13:	<i>Noctiluca scintillans</i> pod svetlobnim mikroskopom	18
Slika 14:	WP-2 planktonska mreža: spremenjena verzija	26
Slika 15:	Sestavni deli ZooScan-a	27
Slika 16:	Priprava na skeniranje vzorcev	28
Slika 17:	Ozadje, t.i. »background«	29
Slika 18:	Del neobdelane (»surove«) digitalizirane slike, ločljivost je 3000x1600	29
Slika 19:	Raven sive slike	30
Slika 20:	Obris objekta	30
Slika 21:	Vinjeta	31
Slika 22:	Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti temperature z upoštevanjem standardne deviacije v letih 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje	34
Slika 23:	Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti slanosti z upoštevanjem standardne deviacije v letih 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje	34
Slika 24:	Primerjava vsebnosti klorofila a med letoma 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje	35
Slika 25:	Primerjava vrednosti suhe mase vzorca med letoma 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje.	36
Slika 26:	Primerjava deležev hidromeduz (Hydromedusae) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	39
Slika 27:	Primerjava deležev cevkačev (Siphonophora) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	39
Slika 28:	Primerjava deležev ličink mnogoščetincev (Polychaeta) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	40
Slika 29:	Primerjava deležev vrste <i>Penilia avirostris</i> po mesecih, med letoma 2005 in 2008	40
Slika 30:	Primerjava deležev vrste <i>Evadne</i> sp. po mesecih, med letoma 2005 in 2008	41
Slika 31:	Primerjava deležev vodnih bolh (Cladocera) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	41
Slika 32:	Primerjava deležev ceponožcev (Copepoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	42
Slika 33:	Primerjava deleža ličink deseteronožcev (Decapoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	42

Slika 34: Primerjava deležev ličink rakov po mesecih, med letoma 2005 in 2008	43
Slika 35: Primerjava deležev ščetinočeljstnic (Chaetognatha) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	43
Slika 36: Primerjava deležev ličink iglokožcev po mesecih, med letoma 2005 in 2008	44
Slika 37: Primerjava deležev repatih plaščarjev (Appendicularia) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	44
Slika 38: Primerjava deležev taksonomske skupine Doliolida po mesecih, med letoma 2005 in 2008	Napaka! Zaznamek ni definiran. 45
Slika 39: Primerjava deležev ličink školjk (Bivalvia) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	46
Slika 40: Primerjava deležev ličink polžev (Gastropoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	46
Slika 41: Primerjava deležev vrste <i>Noctiluca scintillans</i> (Dinoflagellata) po mesecih, med letoma 2005 in 2008	47

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

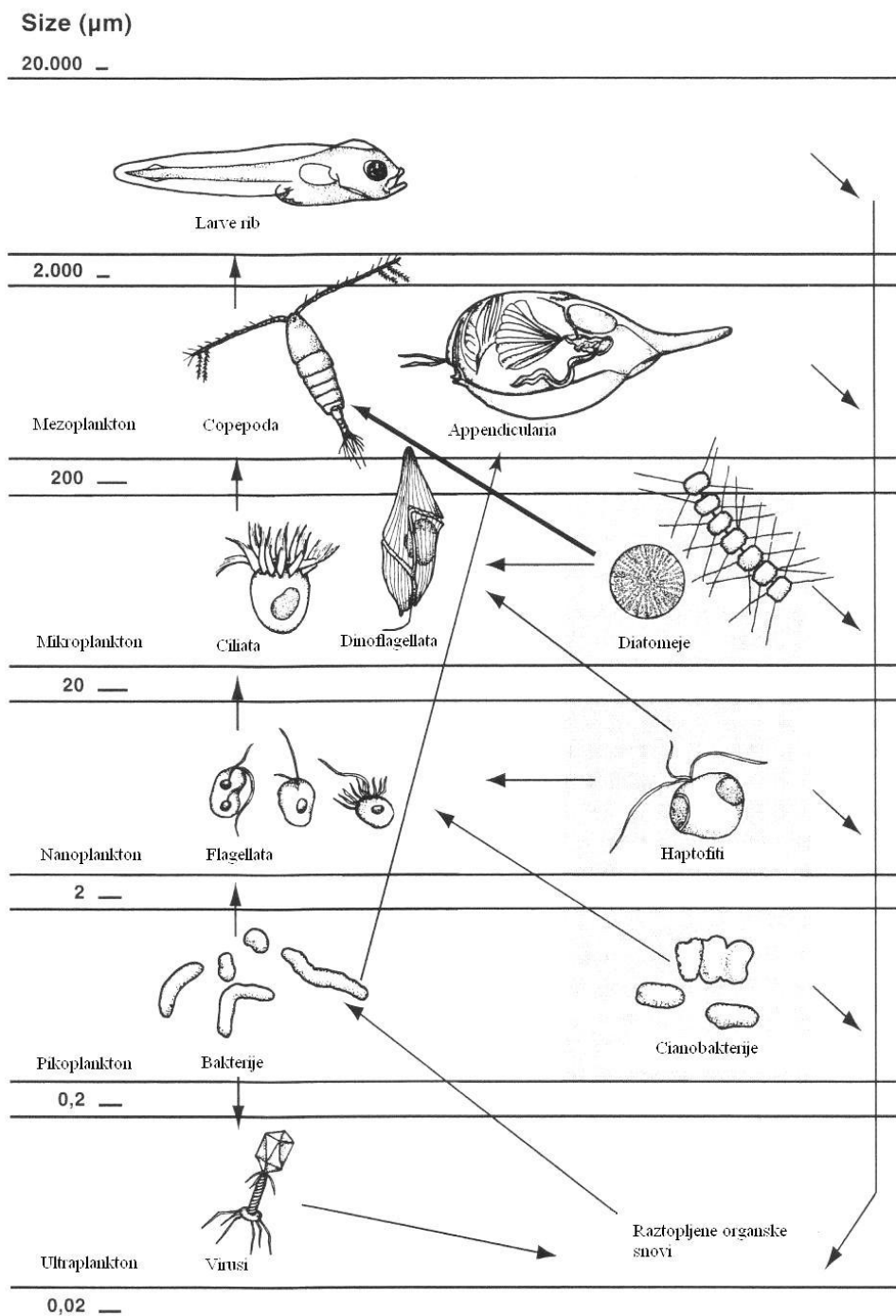
Simbol	Razlaga simbola
SCOR	Znanstveni odbor za oceanske raziskave (angl. Scientific Committee on Oceanic research)
σ	Standardna deviacija
P1 – 0237	Šifra raziskovalnega programa
WP – 2	Vrsta planktonske mreže
CTD	Vrsta sonde (angl. Conductivity, Temperature, Depth)
ECD	Ekvivalenten krožni premer
OD	Optična gostota
PKID/PID	Označevalec planktona (angl. Plankton identifier)
Mg	Srednja raven sive
Wp	Bela točka, pomembna za pretvorbo 16-bitne slike v 8-bitno
Bp	Črna točka, pomembna za pretvorbo 16-bitne slike v 8-bitno
log	Logaritem
CM	Nejasna matrika (angl. confusion matrix)

1 UVOD

Mrežni zooplankton so lebdeči organizmi, ki jih najdemo v velikostnem razredu 0.2–20 mm. Sestavlja jih veliko število vrst meduz, kopepodov, plaščarjev, ščetinočeljastic, ličink dekapodnih rakov, iglokožcev in drugih organizmov. Vsak od njih ima pomembno vlogo pri delovanju morskih ekosistemov, posredno in neposredno pa vpliva na druge organizme, njihov razvoj in obstoj v ekosistemi. Ti organizmi predstavljajo pomemben del pelagičnih prehranskih spleto, saj tvori povezavo med primarnimi producenti in višjimi trofičnimi nivoji (Annex C-7).

Obalne postaje vse od leta 1970 redno vzorčijo zooplankton v Tržaškem zalivu, saj je to zelo zanimivo območje za njegovo preučevanje. V najsevernejšem delu Jadranskega morja, kamor uvrščamo Tržaški zaliv in območje severno od delte reke Pad, prevladuje mezozooplankton, s pretežno neritičnimi vrstami in majhno diverziteti v primerjavi s srednjim in južnim Jadranom. V poletnih mesecih prevladuje vodna bolha *Penilia avirostris*, v preostalem delu leta pa ceponožec *Acartia clausi* (eden izmed najdominantnejših predstavnikov kopepodov). Poleti je površinski sloj oligotrofen, saj je praviloma pretok rek, vključno s Padom, poleti najnižji. Na površini oz. nad piknoklino, so za mezozooplanktonske združbe značilni neritični ceponožci, kot sta *Paracalanus parvus* in *A. clausi*; v globlji vodi, pod piknoklino, največkrat prevladujeta dve hladnoljubni vrsti, *Pseudocalanus elongatus* in *Temora longicornis* (Hure in sod. 1980; Kršinić in sod. 2007). Med zimskim obdobjem, ko pride do vertikalnega mešanja vodnih mas, je bila ugotovljena najvišja številčnost in najbolj homogena prostorska razporeditev zooplanktona. V tem letnem času so najštevilčnejši rodovi *Oithona*, *Clausocalanus*, *Calanus* in *Oncaea*.

Ceponožci so prevladujoča skupina mezozooplanktona v Tržaškem zalivu, saj so prisotni vse leto. Eden najpomembnejših predstavnikov te skupine je *Acartia clausi*, ki predstavlja kar 90 % celotne populacije kopepodov (Fonda Umani, 1991) in 80 % skupne suhe biomase mezozooplanktona (Fonda Umani, 1985). Druga najpomembnejša skupina so vodne bolhe, čeprav so zastopane le s 6 vrstami. Med njimi je *Penilia avirostris* edini predstavnik, ki doseže zelo visoko številčnost v poletnem času (Fonda Umani, 1991). Hrani se z osebki v velikostnem območju od 2.5–100 μm , vključno s heterotrofnimi nanoflagelati velikosti 2–5 μm (Turner in sod., 1988).



Slika 1: Velikostni razredi planktona (Maar M.: Distributions of zooplankton in relation to biological-physical factors; PhD thesis, 2003:14).

Slika 1 prikazuje velikostne razrede planktona (povzeto po Maar M.: Distributions of zooplankton in relation to biological-physical factors; PhD thesis, 2003: 14). Levo na sliki je predstavljen živalski, desno pa rastlinski del kraljestva organizmov.

1.1 ZGODOVINA RAZVOJA OPTIČNIH METOD ZA PREPOZNAVANJE PLANKTONSKIH ORGANIZMOV

Zgodovinsko gledano, je bil zooplankton pri raziskavah za zbiranje osebkov pri ugotavljanju kvantitativne porazdelitve vzorcev, primarno vzorčen s pomočjo mrež, črpalk ali vodnih steklenic. Medtem, ko takšne raziskave zagotavljajo neprecenljivo informacijo o vrstah in življenjskih stopnjah, je njihova časovna in prostorska ločljivost običajno omejena zaradi časa in sredstev, potrebnih za analizo vzorcev, ki jo opravijo usposobljeni mikroskopisti. Ta omejena ločljivost podatkovnih nizov zooplanktona, zmanjša našo zmožnost razumevanja procesov nadzorovanja dinamike pelaških ekosistemov, za več časovnih in prostorskih lestvic. Aktualna dognanja pri obdelavi slik so omogočila avtomatsko ali delno avtomatsko prepoznavanje in količinsko sestavo planktonskih združb, na nižjih taksonomskih ravneh (Benfield in sod., 2007). Pomembnost tega pristopa so zaznali na Znanstvenem odboru za oceanske raziskave (Scientific Committee on Oceanic Research-SCOR), ki je ustvaril mednarodno delovno skupino za oceno stanja Avtomatske vizualne identifikacije planktona-Automatic Visual Plankton Identification.

Vzpon tehnologije digitalnih slik, v kombinaciji z boljšimi algoritmi za strojno učenje in višjo zmogljivostjo računalnika, je olajšal prepoznavanje organizmov in omogočil hitrejše določanje značilnosti distribucije planktona, ocenjeno z različnimi metodami vzorčenja. Zgodnje poskuse uporabe optičnih »bench-top« metod za obdelavo planktonskih vzorcev, so izvedli Ortner in sod. (Ortner et al., 1979), ki z uporabo fotografij obrisov vsebine planktonskih vzorcev. Preslikava obrisov planktonskih vzorcev na fotografski film ali snemanje videa, ter omejena digitalizacija planktonskih vzorcev, ki jim sledi avtomatska prepoznavna, so se nadalje razvijali v osemdesetih letih 20. stoletja (Jeffries in sod., 1980, 1984; Rolke in Lenz, 1984; Gorsky in sod., 1989; Berman, 1990). Raznolikost »bench-top« metod je v fazi razvoja (npr. Benfield in sod., 2007). Poleg razvoja na področju vede o oceanih, se samodejna analiza slike običajno uporablja na drugih področjih biologije in medicinskih znanosti. V geoloških znanostih se strojno učenje pogosto uporablja za opredelitev morfologije fosilov.

Med omenjenimi področji obstaja širok razpon analize slik in obdelava programske opreme. Večinoma jih je mogoče prilagoditi za štetje in merjenje delcev, toda prepoznavna zooplanktonskih vzorcev je precej zahtevnejši cilj. Največ zooplanktonskih taksonov ima visoko stopnjo variabilnosti. Ostale težave vključujejo diverziteto usmeritve telesa glede na preslikanje ravnine, razlike v razširitvi dodatkov, poškodovane posameznike in spremenljive količine amorfnih organskih agregatov, ki se morajo razlikovati z metodami samodejne prepoznavne. Na račun teh izzivov, ni presenetljivo, da nedavni dokumenti kažejo relativno nizko uspešnost avtomatske razvrstitve zooplanktona (Bell in Hopcroft, 2008; Irigoien in sod., 2009). Napredek v tehnologiji optičnega bralnika je omogočil visokokakovostno sočasno digitalizacijo slik večjega števila posameznih planktonskih organizmov. Tukaj predstavljena strojna oprema ni edini sistem, ki temelji na tehnologiji optičnega brskalnika, ki se lahko uporabi za obdelavo slik zooplanktona. (Wiebe in sod., 2004; Bell in Hopcroft, 2008). V preteklosti so takšne sisteme priredili s prilagajanjem poslovnih optičnih bralnikov (Grosjean in sod., 2004). Vrsta težav je pogojevala gradnjo industrijskega, robustnega, vodoodpornega ZooScan-a, primerne za organizme v velikostnem razponu od 200 mm, do več centimetrov, skupaj z namensko programsko

opremo za obdelavo slik, imenovano ZooProcess in Plankton identifier (PkID). ZooScan-i so lahko umerjeni tako, da različne enote ZooScan-a izdelajo normalizirane slike identičnih optičnih značilnosti, ki jih lahko medsebojno primerjamo med laboratoriji in olajšajo kooperativne analize vzorcev. Takšna mreža umerjenih instrumentov ZooScan-a trenutno obstaja v sredozemski regiji, v okviru CIESM-programa indikatorjev zooplanktona.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Z raziskavo vrstne sestave in številčnosti mezozooplanktona v Tržaškem zalivu, v letih 2005 ter 2008, smo želeli preučiti taksonomsko sestavo mrežnega mezozooplanktona, in sezonsko pojavljanje posameznih taksonomskih skupin.

Raziskavo smo omejili na mrežni zooplankton, torej skupine: Hydromedusae, Siphonophora, Copepoda, Cladocera, Chaetognatha, Apendicularia, Salpae in ličinke Echinodermata, saj je velikostni razred v katerega jih uvrščamo, primeren za uporabo ZooScan-a. Določili smo organizme do različnih taksonomskih enot, njihovo številčnost v posameznih vzorcih, ter poskušali ugotoviti, kako na sestavo zooplanktona ter sezonska nihanja vplivajo abiotski (temperatura, slanost, dotok sladkih voda) in biotski (klorofil) dejavniki.

Cilj naše raziskave je bila primerjava dvoletnih ciklusov mrežnega zooplanktona v Tržaškem zalivu, v različnih okoljskih razmerah, ter preverjanje uporabe ZooScan-a za analizo mezozooplanktona.

1.3 HIPOTEZA

Naša delovna hipoteza je bila, da v obdobju visokih vnosov hranil na plankton vpliva »bottom-up« kontrola, medtem, ko so v letih z nizkimi vnosi ti vplivi manj očitni.

1.3.1 Razlaga pojma »bottom-up« kontrola

Razlike v porazdelitvi in številčnosti organizmov so odvisne od interakcij med fizičnimi in biotskimi dejavniki. »Bottom-up« (angl.) učinki se nanašajo na kontrolo številčnosti in/ali strukturo organizmov, ki izhaja iz oskrbe z viri (svetloba ali hranila za rastline, plen za živali) ali zaradi fizikalnih dejavnikov, kot je temperatura okolja. To pomeni, da »bottom-up« kontrola izhaja iz dna prehranjevalnega spleta, pod trofično ravniho. V primeru rastlin je njihova rast pogojena z razpoložljivostjo hranil in sončne svetlobe.

V mnogih območjih zmernega pasu spomladi številčnost fitoplanktona narašča (cvetenje alg), saj se čas izpostavljanja sončnim žarkom podaljšuje in je v vodi raztopljenih veliko hranil, ki predstavljajo zaloge za prihajajočo zimo. Cvetenje preneha in številčnost populacije prične upadati takrat, ko ta porabi vsa razpoložljiva hranila raztopljena v vodi. Številčnost organizmov na višjem trofičnem nivoju je odvisna od razpoložljivosti hrane, torej cvetenje fitoplanktona omogoča več hrane za zooplankton, katerega populacija se posledično poveča. Nekatere populacije planktona so »bottom-up« regulirane s

kombinacijo razpoložljive količine hranil ter sončne svetlobe in »top-down« s plenjenjem; večje populacije zooplanktona vedno znižujejo številčnost fitoplanktona. Naraščanje razpoložljivih virov, kot sta svetloba ali hranilne snovi, torej lahko povečajo številčnost ne le rastlin, ampak tudi živali višje v prehranjevalni verigi. V tem primeru pravimo, da nam združbe ali ekosistemi (v nasprotju z eno populacijo ali trofično ravniyo) kažejo »bottom-up« kontrolo (Weis 2008).

1.4 EKOLOGIJA, BIOLOGIJA IN RAZVOJ MREŽNEGA ZOOPLANKTONA

1.4.1 Siphonophora

Pelagični cevkači (Siphonophora), s tipičnimi skupinami zooidnih grozdov (slika 2), spominjajo na nize diamantov ali kristalne lestence, ki potujejo po notranjosti različno oblikovanega prostora. Vsi so kolonijski, polimorfni hidrozoji. Imajo šest tipov nematocist; nekatere so precej velike, številčne in virulentne. Poznamo 150 morskih vrst, od katerih največje presežejo dolžino treh metrov, tentakli pa so lahko še precej daljši. Vsak predstavnik se pojavlja kot obrnjen aksialni polip. Pedalni disk aksialnega polipa; z izjemo taksona Calyphorida, oblikuje plovec, obložen s peridermom oz. pneumatofor, ki je napolnjen s plinom in zagotavlja vzgon. Nasprotni, t.j. ustni konec aksialnega polipa, nosi usta ter včasih posamezen tentakel. Kolonijski zoidi nastanejo kot stranski brsti iz podolgovatega aksialnega polipa. Brsti nastanejo v nizih, imenovanih kormidiji (Ruppert in sod., 2003). Najbolj razširjena vrsta v Tržaškem zalivu je *Muggiaea atlantica*, ki jo uvrščamo med kalikoforne sifonofore. Zanje sta značilna dva nektofora (plavajoča zvona), od katerih je lateralno-posteriorni lahko reduciran ali ga ni. Pri vrsti *Muggiaea atlantica* posteriorni nektofor ni razvit, zato anteriorni nosi ločene grebene, ki lahko lateralno oblikujejo gredelj. Somatocista (naj bi bila preostanek tentakla) se razteza po celotni dolžini nektofora in lahko visi nad njim. Kormidij (sekundarni brst polipa) se lahko krči v poseben prostor, imenovan hidroecium. Oljne kapljice v somatocisti zagotovijo vzgon, čeprav so kalikofori učinkoviti plavalci, ki se, tako kot meduze, premikajo z reaktivnim pogonom (Todd in sod., 1996).



Slika 2: Predstavnik Siphonophora pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki

1.4.1.1 Hidromeduze

Večina hidromeduz začne svoj življenjski krog na dnu morja, ko se osvobodijo pritrjene polipne oblike za relativno kratko obdobje. Med svojim bivanjem v planktonu se prehranjujejo in spolno razmnožujejo. Nekaj hidromeduz se po sprostitvi iz hidrozojskih zoidov na neugodne razmere prilagodi tako, da ostanejo pritrjene na dnu s pomočjo tentaklov, ki jih uporabljajo za počasno plazenje po dnu, tudi na območjih zmerne valovanja morja. Predstavniki omenjenih meduz pripadajo rodovoma *Staurocladia* in *Eleutheria*, so zelo majhne živali, največja med njimi meri v območju sploščenega centralnega diska le nekaj milimetrov. V skalnatem bibavičnem območju se najverjetneje pojavijo ob plimovanju, toda nekatere lahko najdemo kot skrbne opazovalke, ki se tesno prilegajo skalam ali morskim algam na posameznih odprtih skalnatih obalah. Drseče (ali plazeče se) hidromeduze so razširjene globalno, čeprav jih pogosto ne opazimo zaradi njihove majhnosti. Zlasti na nekaterih območjih so precej številčne. Za njihovo odkritje je potreben natančen pregled morskih alg s pomočjo mikroskopa. Posamezne liste alg lahko na zgornji ali spodnji strani naseljujejo, celo v območjih znatnega valovanja, številne mikroskopske meduze. Po navadi so prisotne v poletnih mesecih ter vse do pozne jeseni; njihovi starševski zoidi so verjetno prisotni v daljšem obdobju in jih je zelo težko najti.

Različne vrste plazečih se hidromeduz imajo 5–60 tentaklov, ki se razširjajo iz osrednjega diska. Tentakli so razcepljeni, z eno vejo, ki se zaključi z majhnim adhezivnim tkivom za pritrjanje na substrat, ter drugo vejo, ki se konča s snopom knidocist, namenjenih lovu plena. Ena od pomembnih značilnosti za razlikovanje vrst je porazdelitev oz. vzorec dodatnih skupin knidocist vzdolž tentaklov. Usta se odpirajo na sredi spodnje strani centralnega diska proti substratu. Razmnoževanje je spolno in nespolno. Nespolna reprodukcija pri vrstah rodu *Staurocladia* se običajno zgodi s procesom imenovanim fisija oz. cepitev (ta način razmnoževanja imajo tudi mnoge morske vetrnice, živeče na skalnatih

obalah). Pri tem se njihova majhna telesa razdelijo na dva dela, ki se s tentakli držita dna ter se kasneje povlečeta narazen v dve, približno enaki polovici. Rod *Eleutheria* se nespolno razmnožuje z brstenjem drobnih novih meduz na robovih centralnega diska med tentakli ali preko kanalov skozi spodnji del klobuka; vsaj dve vrsti rodu *Staurocladia* sta prav tako zmožni nespolnega brstenja z roba klobuka. Meduze obeh omenjenih rodov se lahko razmnožujejo tudi spolno, običajno po obdobju nespolne reprodukcije vsakega posameznika. Pri rodu *Staurocladia*, kjer je prisotna spolna reprodukcija, sta spola ločena -meduza je torej bodisi ženskega bodisi moškega spola, nekatere vrste rodu *Eleutheria* pa so hermafroditske. To pomeni, da je vsaka meduza obeh spolov, ter proizvaja tako semenčice kot jajčeca, pogosto zaporedno. V nekaterih primerih vrst rodu *Eleutheria* in *Staurocladia* so oplojeni zarodki, preden se sprostijo, za kratek čas zaščiteni s centralnim diskom, pri večini ostalih hidromeduz gre za zunanjo oploditev brez materinske zaščite. Oplojeni zarodki se razvijejo v prosto plavajoče ličinke planule ter se nato usedejo na dno, kjer oblikujejo drobne, neopazne polipe, ki sčasoma proizvedejo še več meduz. Polipe v naravi le redko najdemo, a jih za nekaj vrst lahko dokaj enostavno vzgojimo v laboratoriju.

Poznamo še nekaj drugih vrst bentoških hidromeduz, ki živijo vsaj delno pritrjene na dno v plitvi vodi, vključno z vrstami rodu *Cladonema* in *Gonionemus*. Te so, bolj kot za izpostavljene kamnite obale, značilne za mirno vodo, vključno z zalivi z obilo trave. Hidromeduze se primarno hranijo s harpaktikoidnimi kopepodi, ki se prav tako premikajo po površini listov morskih alg in skal. Meduze skupaj počasi drsijo s sočasnim dvigovanjem enega tentakla nad površino in premikom tentakla naprej v smeri gibanja. Posamezne vrste se lahko sprostijo s površine in kratko obdobje plavajo, toda večina nima plavalnih sposobnosti (Mills in sod., 2007).

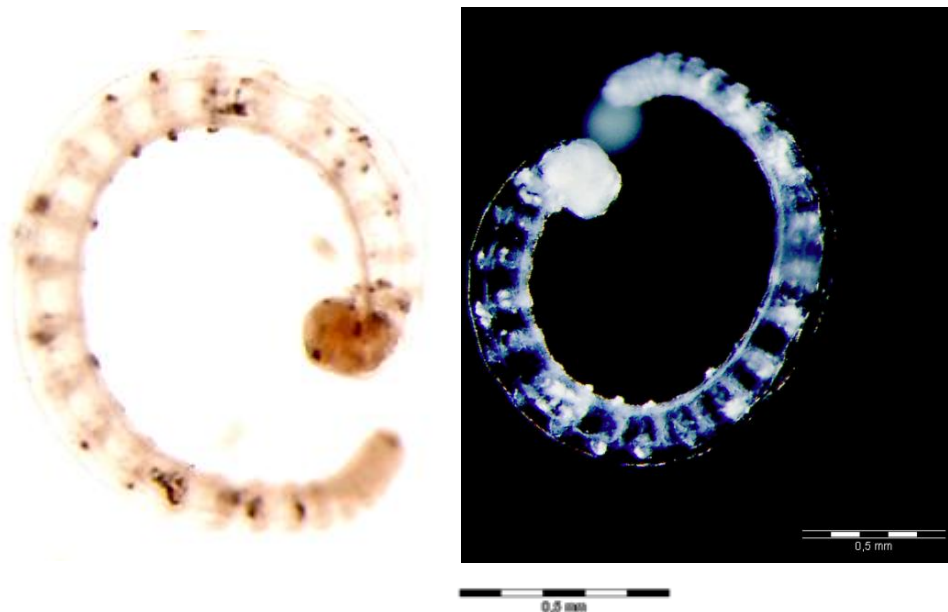
1.4.2 Tomopteridae (Polychaeta, Annelida)

To so sploščeni, prosojni, ter precej občutljivi pelagični poliheti, v velikostnem obsegu 2–60 mm (slika 3). Imajo prostomij z vidnimi, bočno usmerjenimi antenami, nihalne organe in praviloma en par očesc. Prvi par parapodijev se pri odraslih osebkih običajno izgubi. Drugi telesni člen ima dolge okončine, ki so podobni kot ciri in jih podpira acikula. Parapodiji so dvovejnati, brez het ali acikul. Noto- in nevropodiji so veslasto oblikovani, dorzalni in ventralni ciri pa manjkajo. Pri nekaterih vrstah ima telo posteriorno regijo z repom in preprostimi parapodiji. Pigidij je brez cirov (Grube, 1848). So karnivori, ki preživijo na druge zooplanktonske organizme. Najdemo jih lahko blizu površine ali v globinah oceanov. Plavajo intenzivno, s hitrim utripanjem parapodijev. Lahko so podvrženi dnevnim vertikalnim migracijam, ponoči priplavajo na površino (Hayward in sod., 1990).

1.4.2.1 *Tomopteris helgolandica*

Ta slikovit polihet je izključno pelagična vrsta kolobarnikov. Je velik, aktivno plavajoč plenilec, ki izkazuje številne prilagoditve na planktonsko življenje, s poudarkom na maksimalnem prikrivanju in zmanjšani teži.

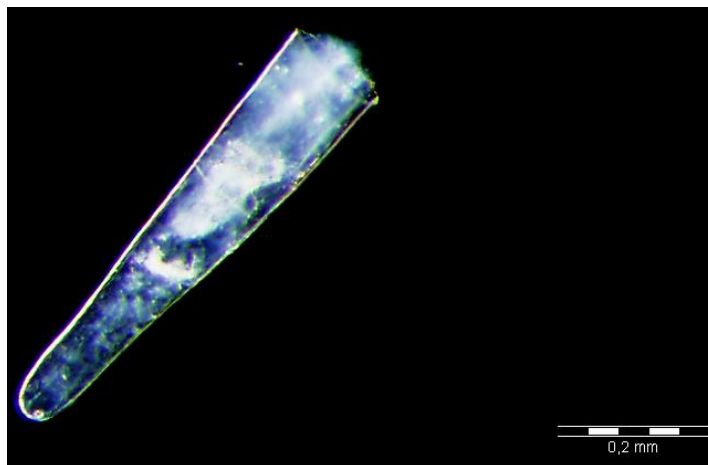
Celotna žival je izrazito prosojna, parapodiji nimajo het, temveč veslasto oblikovane podaljške. Izvihljiv farinks, ki ga uporabljajo za lovljenje plena, nima zob ali druge oborožitve. Dolge antene, ki so pravzaprav edini preostanek členjenih het, izraščajo iz drugega telesnega člena; prvi je prisoten pri mladih osebkih, pri odraslih ga ni. Te antene so, kot prostomialni palpi, verjetno kemosenzorične in namenjene tipanju, lahko pa pomagajo tudi pri vzgonu (Todd in sod., 1996).



Slika 3: Ličinka mnogoščetinca (Polychaeta) pod svetlobnim mikroskopom. Pri odprti (levo) in zaprti zaslonki (desno).

1.4.3 Cavolinioidea (Gastropoda, Mollusca)

Naddružina vključuje 4 družine: Cavoliniidae, Cliidae, Creseidae in Cuvierinidae. Mikrostruktura lupine pri družini Cavoliniidae je spiralna struktura. Ovijanje lupine se izgubi, primitivne oblike (*Creseis* sp.) imajo ravno, cevasto lupino, višje razviti rodovi, kot npr. *Clio*, imajo piramidasto lupino ali lupino, zgrajeno iz dveh, zaklopkam podobnih struktur (*Diacria* sp.). Prototip polža ima zaokroženo do ovalno lupino, ki v juvenilnem stadiju zraste v tubularno lupino. Med nadaljnjo rastjo se ventralna in dorzalna stran začneta diferencirati. Primitivna, krožna, oblika lupine se izgubi in postane ovalna, trikotna in pri vrsti *Cavolinia* na koncu prirezana. Lateralna rebra so podaljšana in razvijejo se trni. Oblikuje se kavdalni trn; rodovi *Hyalocylis*, *Styliola*, *Cuvierina*, *Diacria*, *Cavolinia* in *Diacavolinia* ta trn aktivno odvržejo v fazi odraslega osebk, da povečajo sposobnost plavanja. Periostrakum ni prisoten. Mehkejši deli, kot je to razvidno pri rodu *Cavolinia* in *Creseis* (slika 4), prav tako kažejo sekundarno bilateralno simetrijo. Gonade so apikalne, jetra najdemo neposredno pod vratno regijo in ovijajo želodček z želodčnimi ploščami. Plašč z dobro razvitimi plaščnimi žlezami je prisoten na ventralni strani (Fischer, 1883).

Slika 4: *Copepoda* sp. pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki

1.4.4 Cladocera (Phyllopoda, Crustacea)

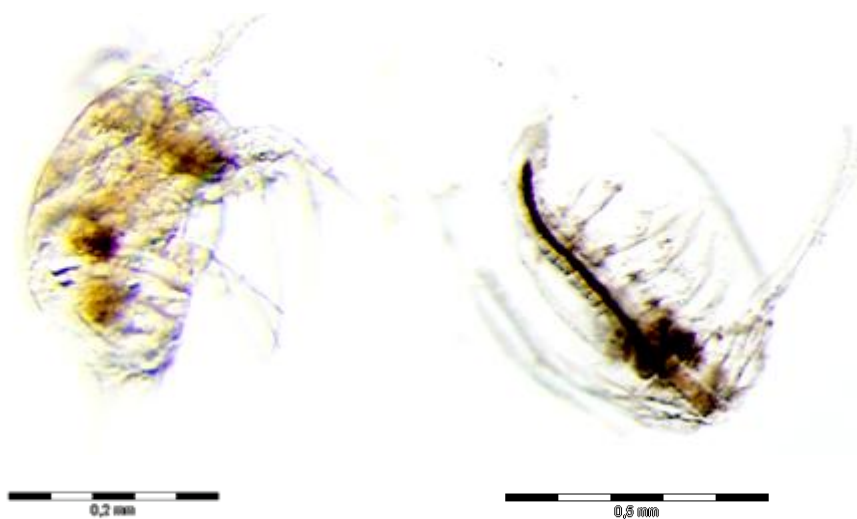
Vodne bolhe (Cladocera) so na splošno majhni organizmi, veliki 0.2–3 mm, ki kažejo reducirano telesno členjenost z dvema razdelkoma: glavo (cefalon) in trupom, zgrajenim iz oprsja in zadka (slika 5). Skrajšan trup nosi 4–6 parov navadno listastih okončin. Zadek se končuje s krempljasto furko. Karapaks je samostojen, toda sklenjen vzdolž dorzalne osi, kar mu daje školjkast videz. Obdaja celoten trup, pri nekaterih vrstah tudi glavo. Antenule imajo eno vejo, so kratke, tanke in z resastimi terminalnimi čutilnimi setami, včasih spremenjenimi pri samcih. Antene so dvovejnate, močne, delujejo kot osnovne lokomotorne okončine. Spola sta včasih ločena, toda najpogostejša je partenogeneza. Razvoj ličinke je primarno epimorfen. Večina vodnih bolh je sladkovodnih ali brakičnih vrst, nekateri rodovi so morski (Latreille, 1829).

1.4.4.1 *Penilia avirostris* (družina Sididae)

Samice dosežejo velikost 0.5–1.2 mm, samci 0.7–0.9 mm. Trni na karapaksu imajo proste robove, inferiorno-posteriorni karapaks nosi velik trn. Imajo 6 parov nog, večina posteriornih je reduciranih. Antene štrlijo naprej. Odrasli kopulatorni organi so daljši kot zadek. Glava samice ima vidno rostralno konico, antenule so majhne in skrajšane. Pri samcih je glava zaokrožena, antenule so enako dolge kot karapaks. Prve noge imajo močni distalni kavelj. So epipelagične obalne vodne vrste, redko jih najdemo v odprtem morju. Prehranjujejo se s filtriranjem bakterioplanktona in fitoplanktona (Dana, 1852).

1.4.4.2 *Evadne spinifera* (družina Podonidae)

Samica doseže velikost 0.9–1.35 mm, samec pa približno 1.1 mm (vključno s karapaksom). Antenule so jasno ločene od spodnje strani glave, spodnja distalna stran je skoraj pravokotno ukrivljena navzgor. Noge ima precej kratke, prva noga ni podaljšana. Eksopodit na prvih nogah je dolg in ozek, z dvema dolgima distalnima setama. Endopodit prve noge sestavljajo trije členi; prvi je dolg, s 4 setami, drugi in tretji imata eno ali dve dolgi, ukrivljeni seti. Distalni člen endopodita druge in tretje noge nosi 4 sete. Eksopodit tretje noge ima dve seti [*E. spinifera* - app.]. Četrte noge so zelo kratke, slabo razčlenjene, s štirimi majhnimi distalnimi ščetinami; eksopodit nosi eno seto. Kavdalni pedunkul je dobro razvit (daljši kot pri *E. nordmanni*). Samice imajo zarodno vrečko s 6–7 partenogenetskimi jajci. Pri samcih se karapaks zoža in je močno bočno izpostavljen, vendar nima [*E. spinifera* - m.]. Zadnji člen endopodita prve okončine ima nekakšen kavelj [*E. spinifera* - app.]. So svetlo sive do svetlo rumene barve, neprosojni. *Evadne spinifera* je termofilna, nekakšna evrihalina oceanska vrsta, ki ima raje toplejše vode in je najbolj razširjena pri temperaturi 14–18 °C. Temperaturni razpon je 3–28 °C, slanost v območju 5.51–37 ‰. Najdemo jih vse od površine morja, do globine 2000 metrov (Müller in sod., 1868).



Slika 5: *Evadne* sp. pod svetlobnim mikroskopom.

1.4.4.3 *Evadne tergestina* (družina Podonidae)

Je epipelagična vrsta. Samice so velike 1 mm, samci pa 0.8 mm. Telo je ovalnih oblik in brez terminalnih trnov. Glava nosi veliko oko in anteno za njo. Antenalni eksopodit ima štiri člene, prvi je brez, drugi in tretji imata vsak po eno, četrti člen pa 4 sete, s katerimi plavajo. Eksopoditi na prvi nogi imajo dve, na drugi in tretji tri, na zadnji nogi pa eno seto (Claus, 1877).

1.4.5 Copepoda (Crustacea)

Planktonski ceponožni raki (Copepoda) so, skoraj brez izjeme, vrste, ki pripadajo redu Calanoida čeprav lahko naletimo na nekatere vrste, ki pripadajo redovoma Cyclopoida in Harpacticoida. Ceponožci so brez karapaksa in sestavljenih oči, ponavadi imajo mediano navpljsko oko (slika 6). Prve antene so navadno daljše od ostalih okončin. Imajo 6 trupnih somitov (torakomer) z nogami, od katerih sta 1 ali 2 priključena h glavi, ostali tvorijo pereon (oprsje). Imajo 1 ali 2 para enovejnatih maksilipedijev in 4 ali 5 parov plavalnih pereopodov, ki so viličasti. Trije zadkovi somiti so brez okončin. Kopepodide, nezrele post-navpljske stadije, je običajno težko določiti in jih kot take lahko prepoznamo zaradi manj kot 5 parov pereopodov, ali pa nedokončanega niza členov zadka. Nekateri strokovnjaki za taksonomijo uporabljajo izraz kopepodit kot alternativa kopepodidu (Todd in sod., 1996).

1.4.5.1 Calanoida

Pri kalanoidih je prva antena dolga vsaj toliko, kot polovica telesa ali daljša. Z glavo je zlita le ena torakomera, pleon je izrazito ožji od pereona. Samice nosijo le 1 vrečko z jajci.

Red *Calanus* prepoznamo po lepem, poenostavljenem, torpedno oblikovanem pereonu, petih prostih pereopodih in ekstremno dolgih antenulah, ki nosijo tri dolge sete (dve obrnjeni nazaj in eno obrnjeno naprej) na njihovem vrhnjem delu. Antenule so nekoliko daljše od celotnega telesa. Pereon je precej kratek (Todd in sod., 1996).

Calanus helgolandicus (Claus) je srednje velik kopepod, saj v dolžino meri 3.5 mm in ga je zelo težko razlikovati od vrste *Calanus finmarchius* (Gunnerus) (Todd in sod., 1996).

Temora longicornis je kopepodid milimetrskih velikosti. Ta nezamenljiv kopepod ima prepoznaven, hruškasto oblikovan pereon s širokim cefalotoraksom in štirimi prostimi pereopodi. Samica ima pereon le iz treh, samec pa iz petih somitov. Pri spolno nedozorelih osebkih ni dobro opredeljenega gonopora (Todd in sod., 1996).

Acartia clausi je pri nas najbolj razširjena vrsta, ki v dolžino meri približno 1 mm. Ima štiri proste pereopode, prvi so večji kot ostali trije. Povezava pereona s cefalotoraksom je običajno težko vidna. Antenule so nekoliko krajše od pereona. Pet set na furki je podobnih roki in se razširjajo kot prsti. Pereon je tipično, kroglasto oblikovan. Samice imajo vrsto majhnih točk vzdolž posteriornega roba hrbtne površine pereopodov.

1.4.5.2 Cyclopoida

Ciklopoidi imajo 10–17 člensko antenulo. Z glavo sta zlit 2 torakomeri, pregib je na meji med predzadnjo in zadnjo pereomero. To jim daje videz vitkega, dolgega pleona, antenule pa so običajno krajše kot je značilno za kalanoide. Telo je pred pregibom veliko širše kot za njim. Samica nosi dorzalno ali dorzolateralno 2 vrečki z jajci. Eden izmed značilnih predstavnikov je *Oithona helgolandica* (Claus), ki ima karakteristično podobo s poenostavljenim pereonom, ki nosi štiri pereopode in kratke, toda težke antenule s setami. Drugi pereopodiso podaljšani in hruškasto oblikovani. Plavalni pereopodi nosijo nenavadno dolge sete. Maksilipediji so posebej dolgi za te majhne kopepode. *Oithona* je karnivor, obstajajo tudi omnivorne vrste (Todd in sod., 1996).

1.4.5.3 Harpacticoida

Harpaktikoidi imajo največ 10–člensko antenulo. Telo je navadno ozko, brez opaznega razlikovanja pregiba med toraksom in pleonom. Antenule so na splošno zelo kratke in nosijo številne sete, furka pogosto nosi ekstremno dolge sete.

Euterpina acutifrons je pri nas najbolj številčna vrsta, ki meri v dolžino od 0.5–0.75 mm. Oblika telesa je valjasta, vendar se pleon postopoma zožuje. Predel toraksa je ostro poudarjen. Samci imajo zadnji del pereona s 3 pereopodi, samice imajo pleon s 5 pereopodi (Brian, 1921).



Slika 6: Predstavnik redu Calanoida pod svetlobnim mikroskopom.

1.4.6 Ličinke rakov (Crustacea)

Ličinke rakov (slika 7) so zelo majhne, v dolžino merijo 100–200 μm . Med višje razvitimi skupinami rakov, kot so npr. deseteronožci (Decapoda), je najpogostejša oblika ličinke zoeja, navplij je redko prisoten. Telo slednjega je preprosto zgrajeno, ima karapaks in samo 3 pare okončin (v zaporedju antenule, antene, mandibule), vse nadaljnje se kasneje zasnujejo v pravilnem vrstnem redu. Pri ličinkah višje razvitih rakov pa razvoj pleopodov

nekaj časa prehiteva razvoj srednjega dela trupa (somiti z zasnovami okončin se ne zasnujejo v pravilnem zaporedju). Ličinke rakov je na splošno zelo težko določiti. Deseteronožci običajno sprostijo ličinke v plankton, čeprav na različnih stopnjah razvoja. Višje razviti, *Brachyura* (rakovice) in *Macrura* (dolgorepi škarjevci), sprostijo svoje ličinke na precej naprednejši stopnji (stadij zoeja) in imajo krajši planktonski razvoj kot nižje razviti *Decapoda* (kozice in srednjerepci) (Todd in sod., 1996).



Slika 7: Lička deseteronožca (zoeja) pod svetlobnim mikroskopom.

1.4.7 Chaetognatha

Ščetinočeljjustnice (*Chaetognatha*) niso povezane s kolobarniki (*Annelida*), njihovo latinsko ime izhaja iz »čeljjustnih ščetin«. So precej pogosti, sorazmerno dolgo živeči in široko razširjeni planktonski organizmi, z različnimi vrstami, najdenimi v svetovnih oceanih. Kot taki so se izkazali za še posebej koristne kot indikatorske vrste glede na izvor ali vir posameznih vodnih mas. Ščetinočeljjustnice lahko označimo za značilne plenilce srednjih velikosti, nekatere vrste lahko dosežejo nekaj cm v dolžino (slika 8). Pri živih lahko opazimo izjemno hitro, naprej usmerjeno, puščično gibanje, z vmesnimi mirujočimi obdobji, med katerimi jih lahko počasi odnese navzdol po vodnem stolpcu. Prežijo predvsem na majhne rake, kot so kopepodi. Zaradi njihove skoraj popolne prosojnosti, lahko pogosto opazimo, da so okužene s presenetljivo velikimi nematodnimi paraziti, živečimi v notranjosti telesa.

Sagitta elegans Verill: pri popolnoma odraslem, spolno zrelem osebku, je jasno prikazan hermafroditični značaj tega taksona. Ovariji štrlijo naprej v telesno votlino, anteriorno v septum, medtem ko testisi zavzemajo posteriorno telesno regijo: semenčica lahko vidimo, ko se iztisnejo iz lateralnih posteriornih semenskih veziklov. Na glavi imajo 2 šopa kavljastih ščetin, ki so tipični za ščetinočeljjustnice. Pri soočanju s plenom organizem

upogne ščetine navznoter, da zgrabi napaden objekt in ga namesti v ustno votlino (Todd in sod., 1996).

Sagitta minima ima na glavi 7–9 kavljastih ščetin, 3–7 anteriornih zob in 6–16 posteriornih zob. Največja dolžina telesa odraslega osebkca je 10 mm, rep predstavlja 17–21 % dolžine telesa. Telo je precej majhno, vitko in prosojno, s širokim repom, transverzalne mišice manjkajo. Glava je ozka, trni niso nazobčani. Anteriorne in posteriorne plavuti so srednje dolge, delno žarkaste in zaokrožene. Prisoten je majhen črevesni divertikel. Imajo majhne oči z zvezdasto oblikovanimi pigmentnimi mesti. Ovariji so zelo kratki in široki, dosežejo srednje posteriorne plavuti. Jajčeca so zelo velika, a so redka. Lepljive papile in adhezivni organi, ter apikalne žleze niso prisotni. Razširjajo se epipelagično in cirkumglobalno med 40° severne in 40° južne geografske širine (Grassi, 1881).

Sagitta setosa Müller je pri nas najpogostejša vrsta, na splošno manjša kot *Sagitta elegans*. Čeprav sta posteriorno–lateralna bočna plavut in repna plavut nekoliko prekinjeni, lahko vidimo semenske mešičke (po obliki asimetrični), ki ležijo neposredno ob prekinitvi bočnih plavuti. To je najbolj zanesljiv način za ločevanje vrst *Sagitta elegans* in *Sagitta setosa*, čeprav lahko taka značilnost onemogoča identifikacijo nezrelih osebkov. Nekoliko manj znanstveno je ti dve vrsti mogoče ločiti na podlagi nadaljnjih dveh značilnosti. *S. setosa* ostane v formalinu bolj prozorna, kot pa *S. elegans*.



Slika 8: Predstavnik rodu *Sagitta* (Chaetognatha) pod svetlobnim mikroskopom.

1.4.8 Ličinke Echinodermata

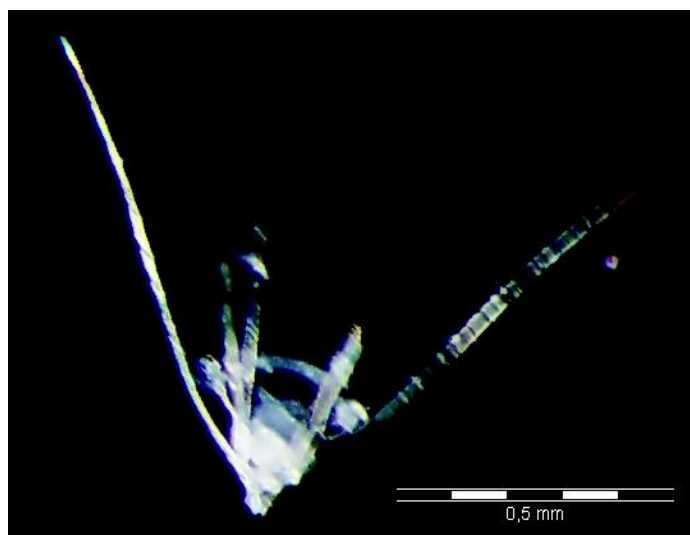
1.4.8.1 Ličinke Asteroidea

Ličinke morskih zvezd najdemo v različnih stadijih, v poletnih vzorcih planktona. Različne vrste imajo zelo podobne ličinke, zato jih ni vedno lahko razločiti. Čas, potreben za preobrazbo, je delno odvisen od temperature morja, zato se časovno obdobje, v katerem potekajo različne razvojne stopnje mladih morskih zvezd, v laboratoriju in v naravnih pogojih razlikuje (Todd in sod., 1996).

1.4.8.2 Ličinke Ophiuroidea in Echinoidea

Tipična oblika ličinke kačjerepov in morskih ježkov je pluteus (slika 9). Pri obeh skupinah so to značilne, bolj ali manj podaljšane »roke«, ki jih podpirajo skeletne spikule. Nosijo omigetalčne pasove in opravljajo gibanje ter hranjenje. Ofiopluteji so prepoznavni po tem, da so bolj sploščeni in bilateralno simetrični kot ehinopluteji. Poudariti moramo, da podaljšane »roke« niso v ničemer homologne tistim pri odraslih iglokožcih. Kasnejši razvoj je postopen, saj se tkiva telesa obnovijo v obdobju nekaj tednov. Pri vseh kačjerepih se juvenilni disk sčasoma odlomi od ostalega telesa. Slednje se pogosto pojavi v vodnem stolpcu in to, da najdemo popolnoma oblikovane mlade krhke osebkke v planktonskih vzorcih, ni nič nenavadnega (Todd in sod., 1996).

Ophiotrix fragilis je zelo razširjena vrsta kačjerepov. Mladi, nepopolno razviti ofiopluteji kažejo podrobnosti skeletnih spikul in pigmentnih trakov, ki so karakteristični za to vrsto (Todd in sod., 1996).



Slika 9: Ličina iglokožca (pluteus) pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki.

1.4.9 Tunicata

Dva razreda plaščarjev (Tunicata) sta vse življenje pelagična. Prvi razred so salpe (Thaliacea), drugi pa repati plaščarji (Larvacea/Appendicularia). Kot že ime pove, višja taksona vključujeta organizme, ki ohranjajo lastnosti ličinke pri odraslem osebku (t.i. neotenija). Vsi plaščarji se prehranjujejo s filtracijo, toda posamezni predstavniki repatih plaščarjev izločajo okrog sebe kompleks mukozne »hiške«. V hiški organizem ustvarja tok hranil s pomočjo valovanja repa, užitni delci se ujamejo, ter zberejo v mukozno mrežo. Hiška je sicer zelo krhka, a se tekom življenja enostavno ponovno zgradi. V mrežnih planktonskih vzorcih se vedno uniči (Todd in sod., 1996).

1.4.9.1 Appendicularia/Larvacea

Razred Appendicularia taksonomsko uvrščamo v deblo Chordata. Večina izmed 70 vrst tega razreda je zelo majhnih živalih, ki se prehranjujejo s filtracijo. Predstavljajo velik del pelagičnega planktona, razširjenega v morjih in svetovnih oceanih. Pod idealnimi pogoji lahko njihovo število znatno naraste: znanstveniki poročajo o 25.620 osebkih vrste *Oikopleura dioica* na kubični meter vode na območju Britanske Kolumbije. Njihovo ime Appendicularia se nanaša na repni del telesa, ki jih spremlja vse življenje. Drugo ime, Larvacea, označuje njihovo podobnost z ličinkami kozolnjakov (Ascidiacea). Pelagični repati plaščarji so edini predstavniki plaščarjev, ki imajo tudi kot odrasli osebkii prisotne vse najpomembnejše značilnosti debela Chordata. Ličinkam kozolnjakov so podobni tako v velikosti, kot obliki telesa. Večina odraslih osebkov meri le nekaj milimetrov v dolžino, toda največji, kozmopolitski vrsti *Bathochordaeus charon* in *Bathochordaeus stygius*, dosežeta 80–90 mm. Rep ima dorzalne in ventralne plavuti, ampak, ker je celotna struktura zamaknjena za 90° v levo, so plavuti horizontalne in rep vzvalovi v navpični ravnini, tako kot pri nekaterih ličinkah kozolnjakov. Pogosto je, kot pri rodu *Oikopleura* (slika 10), repni del pokrčen spredaj ter usmerjen naprej pred usta. Te posebne vrste repnih plavuti plaščarjev so gube epidermisa in ne izrastki tunike, kot pri ličinkah kozolnjakov. Celulозна tunika manjka. Usta so nameščena na sprednji konici telesa, ventralna odprtina se odpira neposredno v zunanost. Žrelo nosi le dve krožni škržni zarezi (spirakla), eno na vsaki strani, od katerih se vsaka odpira neposredno v zunanji del. Sifon in atrij manjkata.

Vsi repati plaščarji izločajo nekakšno sluzno »hišo«, ki jo napihnejo s črpanjem vode s pomočjo repa. Z vodo napolnjene »hiške« žival pritrdi z usti ali pa jo zasede s celim telesom. Struktura in funkcija teh »hišk« je najbolj znana pri rodu *Oikopleura*. Hiška vsebuje številne povezovalne poti, skozi parni voda vstopa in skozi neparni odteka. Valujoči rep, pritrjen v hiši, s pomočjo ust ustvari vodni tok skozi hiško. Dve mesti vstopa sta prekrti s sluzjo, ki prepušča vse razen najmanjšega planktona ($\leq 0.1\text{--}8\ \mu\text{m}$, odvisno od vrste planktona). Med prehodom skozi hiško se voda dvakrat precedi, skozi dva fina prehranska filtra, ki se združita v zbirni cevi, na katero so pritrjena usta živali. Zbran plankton se transportira v usta v stalnem toku, ki je predvsem posledica delovanja krožnih škržnih zarez (Ruppert in sod., 2003). Hranijo se pretežno z drobnim planktonom ter koloidnimi delci, ki mnogim drugim planktonskim organizmom, ki se prehranjujejo s filtracijo, niso na voljo. Hiško odvržejo periodično – vsake 4 ure (značilno za *Oikopleura dioica*). Gradnja slednje poteka v več fazah. Najprej specializiran epidermis, t.j. oikoplastni epitelij – sestavljen iz različnih sekrecijskih celic, izloči hiško. Značilni vzorec celic v epiteliju je neverjetno povezan z vzorcem strukture hiše, kot bi bil epitelij nekakšen odlitek za hišo. Takoj, ko je stara hiša zapuščena, osnova nove hiške nabrekne in prekrije ustni del trupa kot smrček. Potem žival rahlo povečuje svojo hišo s premikanjem trupa/rilca sem ter tja. To postopno povečevanje hiške dovoljuje udarjanju repa, da zdrsne noter in dokonča raztezanje. Hiška je dokončana približno v 1 minuti. Posamezen osebek lahko proizvede 4–16 hišk na dan, odvisno od temperature in razpoložljivosti hrane; celo do 46 hišk se lahko izloči skozi življenjsko dobo posameznika. Odvržene hiške pomembno prispevajo k morskemu »snegu« (suspendirane organske snovi, ki spominjajo na sneg) in so pomemben substrat za mikrobo razgradnjo ter recikliranje hranil v morju. Proizvodnja novih hišk se preneha v času drstenja. Značilno je spolno razmnoževanje. Vse vrste so protandrični hermafroditi, razen *Oikopleura dioica*, za katero je značilna gonohorija. Razvoj je

neposreden in hiter. Pri temperaturi 22 °C, *Oikopleura* potrebuje le 7 ur, da se razvije iz zigote v juvenilni osebek, ki se samostojno prehranjuje. Mladi osebki imajo na zadku rep in so obdani s preprosto povrhnjico. Kasneje se rep premakne na trebušno stran odraslega osebk (Ruppert in sod., 2003).

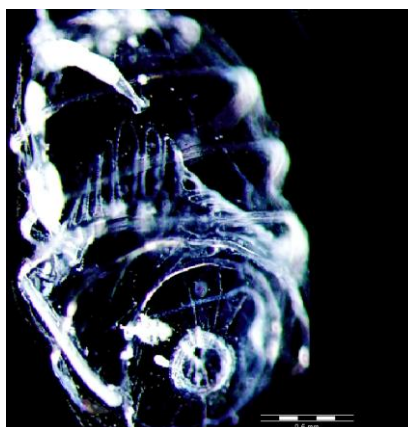
Oikopleura dioica Fol. meri v dolžino 1 mm, vključno z repnim delom. Ta majhni repati plaščar je pogosto precej številčen v planktonskih vzorcih. V posameznih primerih dobro razvit ovarij zavzame celotno apikalno regijo telesa. Rep je podprt z osrednjim jedrom vakuolnih celic, ki zajema tudi notohordo. *Oikopleura* zavrže hiško vsakih nekaj ur (verjetno kot posledico zamašenih filtrov). Spolno razmnoževanje omogoča nastanek tipične ličinke plaščarjev, ki spominja na paglavca (odtod ime), toda pri repatih plaščarjih nekatere lastnosti ličinke (posebno notohorda in rep) ostanejo tudi po preobrazbi (Todd in sod., 1996).



Slika 10: *Oikopleura* sp. pod svetlobnim mikroskopom.

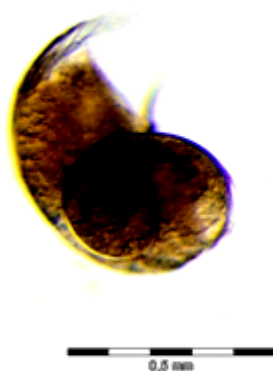
1.4.9.2 Thaliacea

Salpe so skupina prosojnih morskih planktonskih plaščarjev, ki plavajo s krčenjem obročastih mišic (Štrus in sod., 2001). Sestavljajo jih svetlikajoči se pirosonidi, sodčasti doliolidi (slika 11) in verižno oblikovane salpe, ki se razlikujejo od večine kozolnjakov, saj imajo ustne in atrijske sifone na nasprotnih koncih telesa. Vodni tok se uporablja ne le za prehranjevanje in izmenjavo plinov, temveč v veliko primerih tudi kot reaktivni pogon. Salpe so, kot veliko drugih planktonskih živali, prosojne. Tunika, ki je lahko tanka ali debela, ter vezivno tkivo sta želatinozna in plavajoča. Podobno kot kozolnjaki, se prehranjujejo s filtracijo tako da odstranjujejo velike količine suspendiranega materiala iz morske vode (Ruppert in sod., 2003). Skoraj ves prostor v sodčkastem telesu zavzema škržno črevo (Štrus in sod., 2001). Večina vrst se pojavlja v toplejši vodi (Ruppert in sod., 2003). So dvospolniki, razmnožujejo pa se tudi vegetativno z brstenjem (Štrus in sod., 2001).



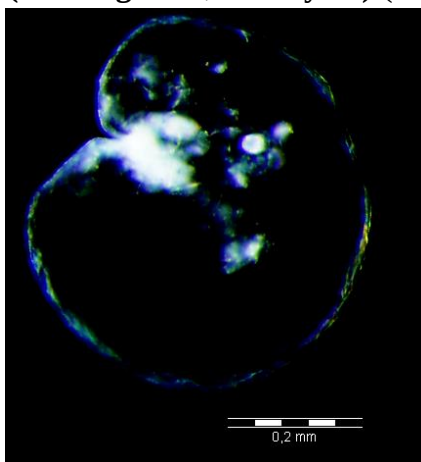
Slika 11: Predstavniki doliolidov (Tunicata: Thaliacea) pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki.

1.4.11 Ličinke polžev (Gastropoda) (slika 12)



Slika 12: Ličinka polža pod svetlobnim mikroskopom.

1.4.12 *Noctiluca scintillans* (Dinoflagellata, Eukaryota) (slika 13)



Slika 13: *Noctiluca scintillans* pod svetlobnim mikroskopom ob zaprti zaslonki.

2 PREGLED OBJAV

Pregled študij o dolgoročnem opazovanju pretokov rek, oceanografskih značilnosti, planktona, rib in bentoških organizmov, zbranih od leta 1970, je razkril precejšnje spremembe mehanizmov in trofičnih struktur ekosistemov severnega Jadrana. Postopno povečanje evtrofikacije se je pojavilo v letih 1970 do sredine 1980, sledil je preobrat trenda v letu 2000 (Mozetič in sod. 2012). Slednje lahko pripišemo kombinaciji zmanjšanja vpliva človeka, tako zmanjšane količine obremenilnega fosforja kot podnebnih sprememb, ki so povzročile upad atmosferskih padavin in posledično dotoka rek v severni Jadran. Po koncu sredine 80. let, je bilo opaziti znaten upad številčnosti fitoplanktona, sočasno s spremembami v zgradbi vrst posameznih združb, kar se kaže v premiku k manjšim celicam ali velikosti organizmov. Poleg tega so bile opažene tudi spremembe v sestavi zooplanktonskih združb. V zgoraj omenjeni raziskavi so povzete glavne spremembe v zadnjih štirih desetletjih v ekosistemu severnega Jadrana, ki temeljijo na rezultatih analiz specifičnega vprašanja: »Fluktuacije in trendi v morskih sistemih severnega Jadrana: od letne do desetletne variabilnosti« ter na ostalih sodobnih znanstvenih dokumentacijah. Zaključki nekaterih ključnih parametrov, so nadalje podprti z analizami neobjavljenih podatkov, ki se obnavljajo s pomočjo obstoječih dolgotrajnih raziskav. Obravnavane so spremembe v okoljskih dejavnikih, povzročene z naravnimi in antropogenimi pritiski in njihovi učinki, vse od nižje trofične ravni do rib.

Pri primerjavi treh obdobj (1991–1995, 1999–2000, 2003–2006), je razvidno očitno zmanjšanje številčnosti Cladocera jeseni v Beneškem zalivu, kot navajajo Bernardi Aubry in sod. (2012). Nasprotno se je številčnost majhnih Copepoda (t.j. *Oncaea* spp. in *Diaxis pygmaea*) povečala. Kljub temu so avtorji prikazali ekološko zaporedje, s poudarjenim viškom v poletnih mesecih. Podobne spremembe, kot tudi splošen porast številčnosti, so bile zabeležene v združbi Copepoda v obdobju skoraj 30 let v Tržaškem zalivu, kot navajata Kamburska in Fonda Umani (2009). Slednji avtorji so opazili tudi veliko fenoloških sprememb v večini dominantnih vrst Copepoda. Dolgoročni niz podatkov (Kamburska in Fonda Umani 2009) je pokazal ustrezni premik mezozooplanktonske biomase od leta 2001–2002 v primerjavi z letom 1980. Opažene spremembe v biomasi mezozooplanktona se precej ujemajo s premikom številčnosti Copepoda, fitoplanktona in temperature. V vzhodnem delu Tržaškega zaliva, kot so ugotovili Mozetič in sod. (2012), se je prav tako pokazal premik v biomasi mezozooplanktona, ki se le delno ujema s tistim, ki sta ga našla Kamburska in Fonda Umani (2009). Dolgoročne ekološke raziskave poročajo o precejšnjih spremembah okoljskih razmer v severnem Jadranu, ki so nastale zaradi podnebnih nihanj in sprememb v antropogenih pritiskih, kot so: segrevanje površinskih voda na regionalni ravni, bistven padec sladkovodnih dotokov v letu 2000 zaradi zmanjšanja padavin, povečana obremenitev reke z dušikom, vezana na zmanjšano obremenitev s fosforjem zaradi izvršb okoljske zakonodaje, itd.

Te okoljske spremembe imajo pomemben vpliv na ekosistem, katerega odgovor je bil: zmanjšanje fitoplanktona in njegovo aktivno izločanje na površino zaradi zmanjšanja koncentracij celotnega fosforja, zlasti v zahodnem delu severnega Jadrana, zmanjšanje intenzivnosti in pogostosti pozno zimskega cvetenja diatomej od leta 1994, splošen trend v smeri manjših vrst, ki lahko pojasni zmanjšanje koncentracije klorofila ter izrazit upad številčnosti migetalkarjev Tintinnida. Pomembno se je povečala raznolikost skupnega

mikrozooplanktona, medtem ko njegova številčnost ni pokazala pomembnih razlik, v mezozooplanktonu pa se je na ta način povečalo število posameznih osebkov ter skupna biomasa. Trend eutrofikacije, ki se je zgodila v 20. stoletju, kaže večjo produktivnost rib, ki delno uravnoteži učinek znatnega povečanja ribolova, ter delno zakrivanje prvih dokazov o izlovu. Vendar pa je prišlo do sprememb v strukturi združb rib, ki lahko zmanjšajo učinkovitost in odpornost ekosistemov. Preobrat v trendu eutrofikacije in posledično zmanjšanje produktivnosti planktona spremeni to ravnotežje, morebiti poveča tveganje za propad ribištva in povečuje verjetnost nastanka večjih sprememb v strukturi in delovanju ekosistemov. Čedalje pogostejši izbruhi meduz (Kogovšek in sod. 2010), ogroženost ključnih vrst (živečih na kamnih), zamenjava najvišjih plenilskih vrst ter zmanjšanje ulova majhnih pelagičnih vrst, so primeri takšnih sprememb. Tudi dejstvo, da razmerje številčnosti vrst med pridenim in pelagičnim slojem ni naraščalo, kljub zmanjšanju procesov eutrofikacije in pogoste hipoksičnosti, lahko to razumemo kot simptom pomanjkanja prožnosti sistemov.

Spodaj opisano raziskovalno delo se osredotoča na podatke, povezane s številčnostjo kalcificiranih planktonskih organizmov, ki so bili pridobljeni iz časovne serije, za celotno fito-, mikro- in mezozooplanktonsko združbo. Predhodne predstavitve so namenjene dokazovanju medletne in sezone variabilnosti kalcificiranih organizmov, ki jih lahko obravnavamo kot občutljive za procese zakisanja. Sezonska in medletna variabilnost številčnosti organizmov v kalcificiranih planktonskih organizmih je bila preučevana v okviru dolgotrajnih obalnih ekoloških raziskav v Tržaškem zalivu (severni Jadran), v okviru projekta MEDSEA (EU FP7 - zakisanje Sredozemskega morja v spreminjajočem se podnebj). Podatki, ki se nanašajo na procese zakisanja, so bili pridobljeni iz podatkov dolgotrajnih časovnih nizov (1976-2011) planktonskih združb. Riebesell in Tortell (2011) sta ugotovila, da ima zmanjšanje kalcifikacije, kot odgovor na zakisanost oceanov pomemben vpliv na obalno biotsko raznovrstnost in delovanje ekosistemov in s tem odgovornost za veliko gospodarsko izgubo. Vzorčenje je bilo izvedeno enkrat mesečno na postaji C1, ki se nahaja 45° 42' 03" N, 13° 42' 36" E, 200 metrov stran od obale, na globini 17 metrov. Fito- in mikrozooplankton je bil vzorčen v štirih ločenih globinah (0, 5, 10, 15 m) z uporabo Nizkinovih steklenic, medtem ko so bili vzorci mezozooplanktona zbrani z navpičnim vzorčenjem od dna do površine s pomočjo mreže WP 2. Vzorci so bili fiksirani s formaldehidom (4 % končna koncentracija). Številčnost so izrazili kot celice/m³ in v ta namen je bila številčnost fito- in mikrozooplanktona izračunana kot navpični integrali preko vodnega stebra 15 m. Raziskovali so fitoplankton, mikrop plankton in mezozooplankton v različnih časovnih obdobjih, v sledečem zaporedju: marec 1986–december 2011, julij 1998–december 2010, januar 2006–december 2012 .

Preučevani taksoni kalcificiranih organizmov pripadajo različnim funkcionalnim skupinam (t.j. avtotrofom in heterotrofom) in različnim velikostnim razredom (nano-, mikro- in mezozooplankton): Coccolithophora, Foraminifera, ličinke polžev in školjk, *Creseis acicula*, Ostracoda in ličinke iglokožcev. V taksonomsko skupino Echinodermata so bili vključene ličinke (pluteji) Echinoidea (ehinopluteji) in Ophiuroidea (ofiopluteji), ter ličinke morskih zvezd. Izključene so bile ličinke brizgačev (Holothurioidea), t.i. aurikulariji ter ličinke morskih zvezd, bipinariji, ker niso našli dokazov, da imajo karbonatne strukture.

Številčnost kalcificiranih planktonskih organizmov v Tržaškem zalivu je odvisna od izrazitih sezonskih sprememb. Coccolithophora in mezozooplankton kažejo značilen sezonski vzorec, medtem ko je številčnost mikrozooplanktona manj spremenljiva. Coccolithophora so značilni za pozno jesen in zimo, medtem ko kalcificiran mezozooplankton kaže izrazito povečanje v juniju in na splošno večjo številčnost poleti. Predhodni rezultati različnih časovnih nizov kažejo zelo veliko medletno variabilnost, z velikimi razlikami med obravnavanimi funkcionalnimi skupinami. Prihodnje raziskave bodo usmerjene v razlago medletne dinamike kalcificiranih planktonskih organizmov v povezavi s fizikalnimi dejavniki.

Båmstedt in sod. (2000) so ugotovili, da obstaja več načinov, kako oceniti stopnjo paše mezozooplanktona (npr. fluorescenca z oznako ^{14}C alge, analiza pigmenta s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti ali dvojno tehniko označevanja), vendar je najbolj zanesljiva metoda za oceno stopnje hranjenja nepigmentiranih taksonov, analiza delcev v inkubacijskih steklenicah. Še vedno pa, kot so ugotovili Nejstgaard in sod. (2001), je lahko ta metoda problematična: poleg očitnega učinka steklenice tudi zaradi interference z mikrozooplanktonom pri hranjenju z istim plenom. Da bi rešili ta problem, je treba sočasno oceniti stopnjo paše mikrozooplanktona v ločenih poskusih redčenja (Nejstgaard in sod., 1997, 2001).

Cilj raziskave, opisane v nadaljevanju, je bil ugotoviti, ali je mikrozooplankton predvsem vir hrane ali glavni kompetitor mezozooplanktona v Tržaškem zalivu (severno Jadransko morje). Fonda Umani (1991) je prišla do zaključka, da so v Tržaškem zalivu kopepodi, zlasti kalanoidi prevladujoči del mezozooplanktona. Med ceponožci je močno prevladovala vrsta *Acartia clausi*. Slednja je bila prisotna čez celo leto (Fonda Umani, 1985). Druga pomembna taksonomska skupina so raki (Cladocera), čeprav so zastopane z le 6 vrstami. Med njimi *Penilia avirostris* edina doseže zelo visoko številčnost v poletnih mesecih, kot je ugotovila Fonda Umani (1991). hrani se z delci velikosti 2.5–100 μm (Katechakis in Stibor, 2004), kar vključuje heterotrofične nanoflagelate velikosti 2–5 μm . *A. clausi* in *P. avirostris* so izbrali kot pašne živali za poskus, ki so ga izvajali sočasno s poskusom redčenja, da bi ocenili relativno odstranitev mikro- in mezozooplanktona na osnovi naravnih najdb. Mikroskopsko so analizirali vse frakcije planktona (piko-, nano- in mikroplankton) in ločili avtotrofne od heterotrofnih komponent. Oba poskusa redčenja in inkubacije steklenic z odraslimi *A. clausi* kot pašnega organizma, so vodili sočasno, z izjemo štirih primerov (avgust 2001 in november 1999, 2000 in 2001), ko niso zbrali zadostnega števila odraslih osebkov za izvedbo poskusa paše, ter avgusta 2000 in 2002, ko so bili izvedeni poskusi inkubacije *P. avirostris*. Inkubacijo za oceno paše so, kot opisujeta Landry in Hassett (1982) ter Landry (1993), izvedli na naravni združbi, v skladu z metodo za redčenje. Da bi izločili morebitne mezozooplanktonske pašne živali, je bilo treba vzorce takoj po odvzemu previdno zlit skozi najlonsko sito z odprtini 200 mm v 25-litrski balon polipropilena. Učinkovitost precejanja je bila po vzorčenju preverjena z mikroskopsko metodo. Vsi vzorci so bili shranjeni v temi, pri temperaturi vzorčenja in preneseni v laboratorij v manj kot eni uri. V laboratoriju so vodo za razredčitev filtrirali na hidrofilnem fluorokopolimeru z velikostjo por 0,22 μm . Ta korak je eliminiral vse, razen zelo majhnih bakterij. Začetni in končni vzorci so bili odvzeti za preverjanje morebitne prisotnosti in rasti bakterij v filtrirani vodi, številke so bile popravljene za odklon. Za določitev stopnje hranjenja mezozooplanktona, so dodali 20–40 ceponožcev, za vsako od

treh nadaljnjih 2.3 litrskih polikarbonatnih plasten, s 100 %, nerazredčeno morsk vodo brez dodatka hranilnih snovi. Inkubacije od novembra 1998 do februarja 2001, so bile izvedene v hladnem prostoru, pri sobni temperaturi morske vode in popolni temi za 24 ur, medtem ko so bile od maja 2001 plastenke s taksonomsko skupino Copepoda nameščene v inkubator s tekočo morsk vodo, namenjen poskusom redčenja. V avgustu 2000 in 2002 so izvajali poskuse paše na *P. avirostris*. Steklenice iz serije redčenja so služile kot začetni in končni kontrolni vzorci za steklenice s ceponožnimi raki. Nadzor inkubacije v popolni temi so izvajali z nadaljnjimi tremi steklenicami, brez te taksonomske skupine. Prehrana mezozooplanktona je bila izračunana z ekstrapolacijo individualne stopnje paše *A. clausi* ali *P. avirostris* do celotne združbe mezozooplanktona. Treba se je zavedati, da je ta postopek poenostavljen, ampak izbira je temeljila na treh pomembnih ugotovitvah združbe mezozooplanktona v Tržaškem zalivu:

- a) *A. clausi* je znana kot ena izmed redkih vrst Copepoda, ki se pojavlja v območju raziskave vse leto,
- b) Pogosto je dominantna v združbi mezozooplanktona,
- c) *P. avirostris* je dominantna vrsta v poletnih mesecih (Fonda Umani, 1985).

Taksonomske analize mezozooplanktona so potrdile, da je poleti 2000 in 2002 *P. avirostris* predstavljala 61 % in 73 % celotne biomase mezozooplanktona v tem vrstnem redu in se lahko šteje kot dober model za celotno poletno združbo mezozooplanktona. Analize so poudarile pomembno vlogo *A. clausi* v Tržaškem zalivu in pomen drugih dveh vrst Calanoida: *P. parvus* in *Clausocalanus spp.*, zlasti jeseni. Glede na to, da imajo odrasli osebk te vrst podobno velikost kot *A. clausi* (*P. parvus*: 0.8–0.9 mm in *Clausocalanus spp.* 1.1–1.2 mm), lahko upravičeno domnevamo, da je stopnja paše, pridobljena z izbiro 1 mm velikih Copepoda, lahko sprejemljiva ocena paše celotne združbe Calanoida. Vendar je sedaj še vedno izziv kako količinsko opredeliti podcenjevanje stopnje paše manjših, nealanoidnih Copepoda (*Oncaea*: Poecilostomatoida ali *Oithona*: Cyclopoida). Zelo spremenljivi okoljski pogoji (v smislu stopnje primarne produkcije in sestave vrst), ki so značilni za Tržaški zaliv, enakovredno določajo spremenljivost obnašanja tako mikro- kot mezozooplanktona, ki morata izkoriščati sredstva, ki so jim na voljo. Primanjkovanje avtotrofne biomase, konkurenčno izkoriščajo tako mikro- kot mezo-pašne živali, kar pogosto prisili mikrozooplankton v prehod na heterotrofno prehranjevanje. To je bilo še posebej očitno jeseni, ko je bila biomasa alg nizka (z izjemo jeseni 1998). Sposobnost mikrozooplanktona, da uporabi druge vire, ne le organske snovi neposredno proizvedene s pomočjo fotosinteze in prevedene v energetsko podporo za celotno prehranjevalno verigo, lahko poveča preživetje mezozooplanktona v času nizke razpoložljivosti hrane.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBMOČJE RAZISKAVE

3.1.1 Tržaški zaliv

Plitev Tržaški zaliv, z največjo globino le nekaj nad 20 m, je najsevernejši rob Jadranskega morja. Njegova površina znaša 600 km², 10 % zaliva ima povprečno globino manj kot 10 m (Malej in Malačič, 1995), prostornina pa je približno 9.5 km³ (Olivotti in sod., 1986). Glavnino dotoka sladkih voda prispeva reka Soča (Isonzo) s severozahodne obale. V letu 2007 so bile opravljene meritve osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov v okviru projekta 'Spremljanje ekološkega in kemijskega stanja morja'. Najnižje izmerjene temperature morske vode v jugovzhodnem delu Tržaškega zaliva niso padle pod 10 °C, najvišje pa niso presegle 25 °C (10.1–24.9 °C). Razpon nihanj površinske slanosti je bil med 34.25 °C in 38.20 °C, torej večji kot leto poprej. Največji padec slanosti je bil izmerjen v februarju, jesenske vrednosti pa so bile visoke. Primerjava temperatur iz leta 2007 z 10-letnim povprečjem kaže, da so bile temperature v prvi polovici leta 2007 močno nad povprečjem, tako v površinskem, kot pridnenem sloju. V drugi polovici leta so se vrednosti približale 10-letnemu povprečju. Podobna primerjava meritev slanosti kaže, da je bilo leto 2007, z izjemo januarja in februarja, bolj sušno kot 10-letno obdobje. Koncentracije raztopljenega kisika se navkljub velikemu padcu vsebnosti kisika (3.58 mg/l) v pridnenem sloju najgloblje vzorčevalne postaje (24 m) v avgustu niso nikoli približale hipoksičnim koncentracijam (<2.86 mg/l). Sezonska dinamika različnih anorganskih in organskih hranil je odražala njihov izvor in pot kroženja. Tako so bili viški koncentracije nitrata praviloma izmerjeni v površinskem sloju v prvih treh mesecih leta, še posebej pa v februarju, mesecu najnižjih slanosti (do 19 µmol/l). Od aprila, pa vse do konca leta, so koncentracije nitrata redko presegale 1 µmol/l.

3.2 VZORČENJE MREŽNEGA ZOOPLANKTONA

V naši raziskavi smo analizirali vzorce in meritve s postaje BF, kjer poteka redno vzorčenje planktona v okviru raziskovalnega programa P1-0237. Geografska lega te postaje, določena s pomočjo satelitske navigacije (GPS), je 45.5488° zemljepisne širine (N) in 13.550525° zemljepisne dolžine (E), globina na postaji je 23 metrov. Vzorci planktona so bili odvzeti s standardno mrežo WP-2, ki je natančneje opisana spodaj (slika 14).

3.2.1 Fizikalno-kemijski parametri (kot spremljajoči dejavniki)

Temperatura vode na posameznih globinah je bila odčitana iz vertikalnih profilov, posnetih s CTD sondo, ki je bila izdelana na Univerzi v zahodni Avstraliji (CTD: *Conductivity, Temperature, Depth*). Meritve temperature so bile opravljene enkrat do dvakrat mesečno, izjemoma tudi trikrat (avgust). Podatki, ki smo jih dobili, so iz terenskih meritev z oceanografske boje. Meritve so bile opravljene na globinah 0, 5, 10, 15 in 20 m.

Za izračun povprečnih vrednosti in SD (opisanih spodaj), smo uporabili vzeli vrednosti, izmerjene na 5 m, saj so najbolj reprezentativne za življenjski prostor mezozooplanktona.

Slanost vode je bila izračunana iz električne prevodnosti vode, ki smo jo prav tako izmerili s sondo in je odvisna od količine prisotnih ionov ter temperature. Vzorčenje je bilo opravljeno enkrat do dvakrat mesečno, izjemoma tudi trikrat (mesec avgust). Vzorci so bili vzeti na globinah 0, 5, 10, 15 in 20 m. Za izračun povprečnih vrednosti in SD (opisanih spodaj), smo uporabili vzeli vrednosti, izmerjene na 5 m, saj so najbolj reprezentativne za življenjski prostor mezozooplanktona.

Koncentracijo klorofila a določimo z uporabo fluorimetrične metode (Holm-Hansen in sod., 1965). Morsko vodo (300 ml) filtriramo skozi Whatmanov GF/F filter iz steklenih vlaken, z nominalno velikostjo por $0.7\ \mu\text{m}$. Filter zamrznemo do nadaljnje analize, nato pa ga homogeniziramo in ekstrahiramo v 90 % acetonu. Fluorescenco ekstrakta (10 ml) izmerimo s pomočjo fluorimetra (Turner Designs Trilogy Laboratory Fluorometer), umerjenega s standardnim materialom znane koncentracije (SIGMA Chlorophyll a From Spinach). Izmerjeno fluorescenco, popravljeno za vsebnost feopigmentov (po zakisanju s $60\ \mu\text{l}$ 0.1 M HCl), preračunamo po formuli v koncentracijo klorofila a. Vzorčenje je bilo izvedeno enkrat mesečno. Vrednosti, prikazane v rezultatih, so značilnost integriranega vodnega stolpca.

Pri računanju spremljajočih dejavnikov, kot sta temperatura in slanost, smo najprej kronološko uredili vrednosti po posameznih mesecih od leta 2005 do leta 2011. Za vse mesece v letu smo izračunali povprečne vrednosti in standardno deviacijo. Na ta način smo dobili dolgoletno povprečje, ter izpostavili leto 2005 in 2008. Dobljene vrednosti smo zaokrožili na dve decimalki in jih predstavili grafično, v poglavju Rezultati. Za računanje vrednosti klorofila a, smo vzeli povprečne vrednosti posameznih mesecev leta 2005 in 2008, ter jih predstavili v poglavju Rezultati.

3.2.2 Biološki parametri

Vzorci mezozooplanktona (velikostni razred $200\ \mu\text{m}$) so bili odvzeti s standardno zooplanktonsko mrežo WP-2, z velikostjo mrežnih očesc $200\ \mu\text{m}$, z vertikalnimi potegi od 20 m do površine. Prefiltrirani volumen vode je bil $5,3\ \text{m}^3$. Vzorci so bili shranjeni v 4 % formaldehidu. Vzorčenje je bilo opravljeno večkrat mesečno, izjemoma tudi enkrat (januar 2005, 2008 ter 2009) ali niti enkrat (januar 2006).

Suha masa zooplanktona: določamo jo gravimetrično, z metodo tehtanja, ki je enostavna in natančna, zato se v praksi pogosto uporablja. Vzorec stehtamo in določimo maso mokrega vzorca, nato ga sušimo pri temperaturi $60\ ^\circ\text{C}$ toliko časa, da vsa voda izpari (po navadi je to 24 ur) in je masa po dveh zaporednih meritvah nespremenjena. Takrat je vzorec suh. Na ta način dobimo suho maso vzorca, ki predstavlja biomaso mrežnega vzorca. Vrednosti, prikazane v rezultatih, so značilnost integriranega vodnega stolpca. Za izračun suhe mase vzorca smo uporabili povprečne vrednosti posameznih mesecev leta 2005 in 2008, ter jih predstavili v poglavju Rezultati.

Vrednosti bioloških ter abiotskih parametrov nismo pridobili sami, saj so bili podatki zbrani od leta 2005 naprej. Iz podatkov, ki smo jih dobili, smo za posamezne mesece v letu 2005 in 2008 izračunali povprečne vrednosti zgoraj opisanih parametrov.

Opis mreže Wp-2 (slika 14):

Oblika: cilindrično-stožčasta; dolžina cilindričnega dela: 95 cm, stranska dolžina stožca 166 cm.

Odprtina ustja: notranji premer 57 cm, krožne oblike, iz medenine ali pocinkanega železa. Obroč izdelan iz kovinske palice, premera 1.5 cm. (da bi bila površina 0.25 m², mora biti premer 56.4 cm). Premer 57 cm je namenjen temu, da bi nadomestili debelino platna.

Območje ustja: meri 0.25 m².

Material za mrežo: Najlon Nylal 7P ali podoben material za mreže, košara tkana z mrežico, katere odprtina je široka 200 µm. Poroznost (je razmerje med odprtinami mrežnega očesa ter celotno površino očesa = mrežna transparentnost) je 55 %. Širina platna pritrjenega na obroč je 10 cm.

Uzde: so 3, vsaka je dolga 57 cm, nameščene na nihaj.

Razmerje med odprtinami na predelu ustja (delež filtracije) je 6:1.

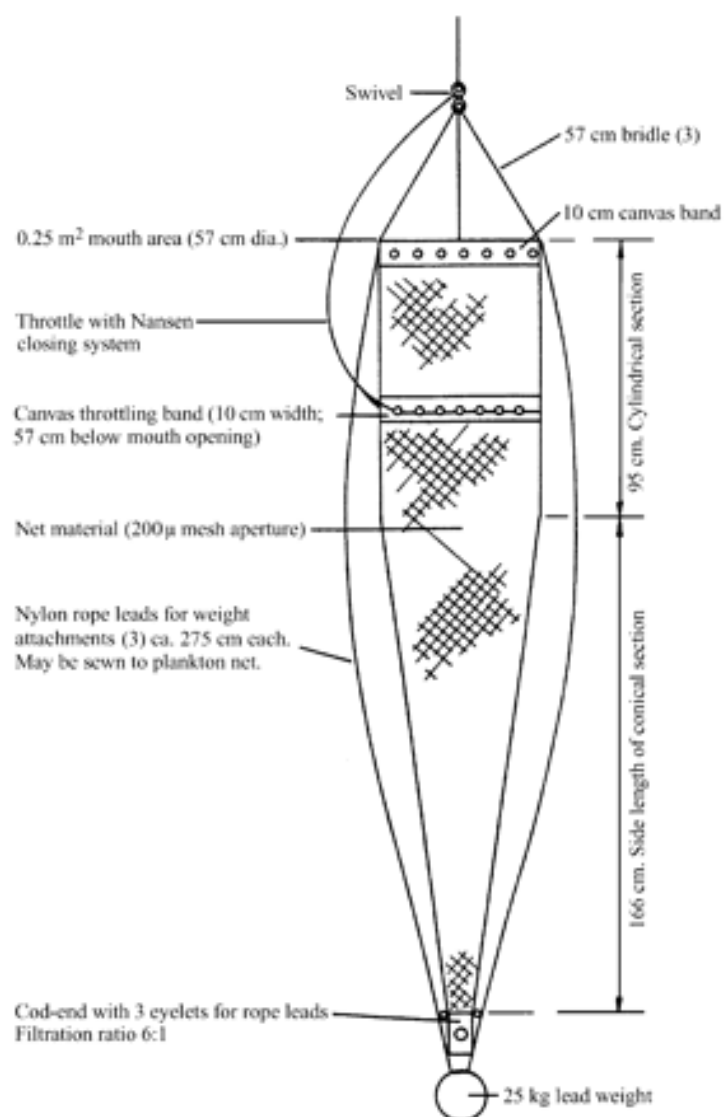
Učinkovitost filtracije: 0.94 (94 %).

Teža: 25 kg ali več, ko žica kotnega nagiba presega 250°.

Merilec pretoka: TSK ali enakovreden.

Vreča:

- a) vedro z oknom istega mrežnega očesca kot sama mreža (premera 7,5 cm, volumen 150–200 ml) za ugotavljanje biomase ali taksonomske sestave, iz polivinilklorida ali lahke medenine.
- b) vedro z oknom istega mrežnega očesca kot sama mreža (premera 7,5 cm, volumen 500 ml), namenjena ulovu živega planktona.
- c) vreča z oknom istega mrežnega očesca kot sama mreža (za vlek v vodah, ki so zelo bogate z živimi organizmi).



Slika 14: WP-2 planktonska mreža: spremenjena verzija. Obroč ustja: notranji premer 57 cm, debelina 1.5 cm: s tremi očesci, ki služijo kot uzde in vodijo do vrvi. (Zooplankton sampling; Monographs on oceanographic methodology 2, Unesco, 1968: 151).

3.3 LABORATORIJSKO DELO

Številčnost in vrstno sestavo mezozooplanktona lahko določamo s pomočjo optičnega mikroskopa ali s pomočjo ZooScan-a. ZooScan ni tako pogosta metoda kot je določanje organizmov pod mikroskopom, zato bomo to tehniko podrobneje opisali v nadaljevanju.

3.3.1 Priprava vzorca

Vzorec pripravimo laboratoriju s Folsomovim delivcem. Razredčimo ga tako, da zlijemo vsebino v odprtino delivca, tega nekajkrat zagugamo, da se organizmi enakomerno porazdelijo, ter vsebino zlijemo v dve vnaprej pripravljene čaši. V vsaki čaši je polovica vzorca. Po končani razdelitvi delivec vedno speremo z destilirano vodo, saj bi v nasprotnem primeru lahko izgubili določene organizme. Dobimo četrtno, osmino, šestnajstino oz. dvaintridesetino vzorca, ki jih uporabimo pri nadaljnjem delu. Na koliko delov delimo, je odvisno od tega, kako velika je številčnost osebkov v posameznem vzorcu. Bogate vzorce smo razdelili na 32, revnejše pa na 16 oz. 8 delov. Manjša kot je gostota osebkov, lažje jih je ločiti med sabo.

Vzorci smo analizirali z ZooScan-om (slika 15), sestavljenim iz dveh zunanjih enot, zmogljivega osebnega računalnika ter 3 programov: Zooprocess - za skeniranje vzorcev, Plankton Identifier - za polavtomatsko prepoznavanje organizmov in Tanagra-statističnega programa, ki preveri polavtomatsko prepoznavanje na podlagi t.i. learning seta.

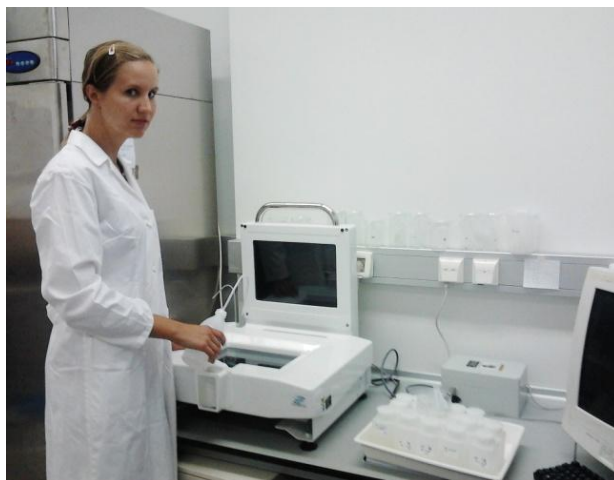


Slika 15: Sestavni deli ZooScan-a (Hydroptic).

3.3.2 Priprava ZooScan-a

Najprej preverimo ali je ZooScan vklopljen in dvignemo pokrov (slika 16). Nalijemo toliko vode, da je dno v celoti pokrito. Priporočeno je, da si vodo pripravimo že dan prej, da se izognemo nastanku zračnih mehurčkov in na ta način dobimo lepše rezultate. Nato vzamemo okvir iz pleksi stekla in ga previdno, pod kotom, položimo na stekleno dno. Obstajata dva merilna okvirja: ožji 11x24 cm ter širši 15x24 cm. Uporabili smo ožjega, ker je bila velikost organizmov v območju 200 μm in je bil primernejši kot večji. Pazimo, da pod okvirjem in po celotni površini ni mehurčkov, vlaken ali česa podobnega, kar bi lahko motilo analizo slike. Vsakokrat najprej posnamemo sliko ozadja, t.i. »background«, t.j. skeniramo površino ZooScan-a brez organizmov (dve ponovitvi).

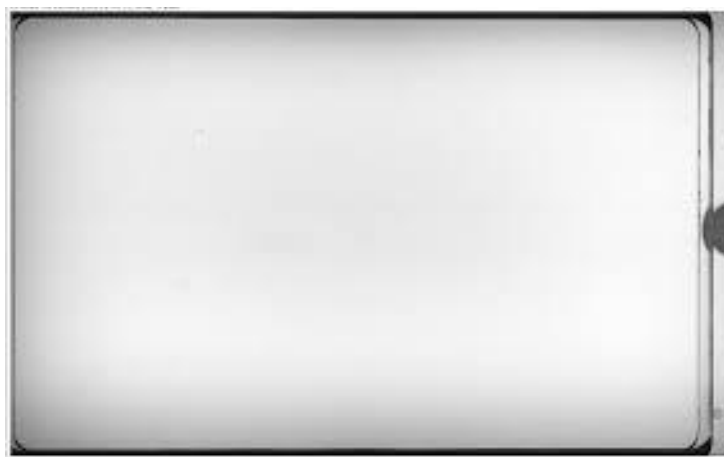
Postopek moramo ponoviti vsak dan na začetku našega dela, pred nadaljnjim skeniranjem vzorcev. Skeniranje ozadja je zelo pomembno, saj ima dve funkciji: uporabimo ga za normalizacijo ozadja ob skeniranju vzorcev zooplanktona ter za spremljanje programske opreme ZooScan-a skozi čas. Vnaprej pripravljeno čašo z vzorcem, za katero postopek sem opisala v poglavju 3.3.1, zlijemo skozi cedilce, ki ima premer odprtine mreže 200 μm (organizmi so večji, zato ostanejo na njem). Cedilce obrnemo ter speremo z destilirano vodo v drugo čašo (organizmi so shranjeni v 4% raztopini formalina in morske vode, kar pa za ZooScan ni primerno). Vsebino čaše z organizmi nato počasi in enakomerno zlijemo v okvir ZooScan-a, kamor že pred tem nalijemo vodo (glej zgornji odstavek), ter čašo speremo, saj nekaj organizmov ostane na dnu. Vzamemo iglo, narejeno iz kaktusa, da ne poškodujemo občutljivega stekla in začnemo z ločevanjem organizmov. Organizme ločimo, da se ne dotikajo med seboj ali okvirja, in šele nato posnamemo sliko. Po končanem skeniranju s puhalko speremo površino za skeniranje in pazljivo zberemo vzorec z organizmi na pladenj. Vsebino pladnja nato prelijemo skozi cedilce ter speremo z raztopino 4 % nevtraliziranega formalina in filtrirane morske vode nazaj v čašo. Vzorec shranimo za nadaljnjo uporabo. Med in po uporabi je potrebno vso opremo sprati z vodo, ZooScan pa po uporabi obrišemo do suhega ter izklopimo.



Slika 16: Priprava na skeniranje vzorcev. Vidimo pokrov, pritrjeno bazo in pladenj z vzorci.

3.3.3 Potek dela

1. Skeniranje ozadja (dve ponovitvi) (slika 17)



Slika 17: Ozadje, t.i. »background« (Picheral, 2010).

2. Skeniranje vzorca (slika 18)

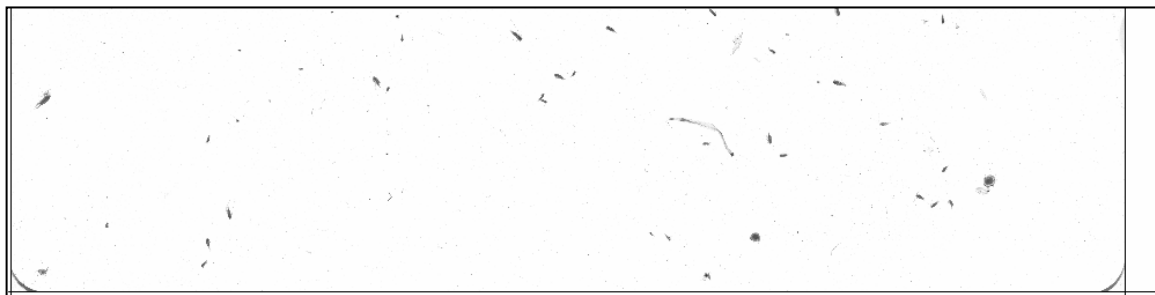


Slika 18: Del neobdelane (»surove«) digitalizirane slike, ločljivost je 3000x1600 pik. Celotna skenirana površina vsebuje med 1000 in 2000 posameznikov (Grosjean, 2004: 520).

3. Procesiranje »surove« slike (uporaba programa Zooprocess)

Če želimo, arhiviramo neobdelano (»surovo«) sliko (slika 19) v »zip« mapo. Obdelava ozadja odšteje zadnjo skenirano oz. izbrano ozadje, ter odstrani meje okvirja (manj motečih predmetov, črna črta odstrani predmete, ki se dotikajo meje okvirja). Dobimo raven sive (8 bitne) slike: vzorec_1_vis1.jpg (in vzorec_2_vis1.jpg) slike (naslednja

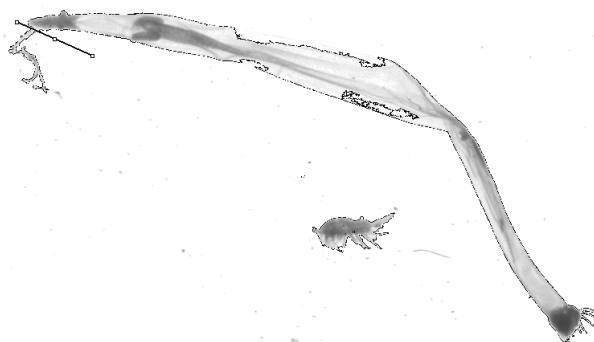
stopnja *.zip, da varčujemo s pomnilnikom računalnika) in shranimo v mapo _vzorec/work. Takšna slika je pripravljena za nadaljnjo analizo (meritve) ekstrahiranja vinjet (majhnih sličic posameznih objektov), prepoznavanje, ter na koncu gradnjo t.i. »learning seta«.



Slika 19: Raven sive slike (Picheral, 2007: 9).

4. Analiza objektov (uporaba programa Plankton Identifier, ki je podrobneje opisan spodaj)

Prvi del analize je razčlenjevanje slik (seznam predmetov izbranega velikostnega razpona ter obrisi predmetov) (slika 20), temu sledi dodatno ločevanje objektov.



Slika 20: Obrisi objekta (Picheral, 2007: 12).

5. Meritve objektov (Image J): sivi odtenki, oblika, skelet

Najprej program izračuna željene parametre objekta: položaj (Bx, By, širina, višina, x začetni, y začetni), raven sive (minimum, maksimum, mediana, standardna deviacija), velikost območja ter obliko (krožna, skelet). Sledi izpeljava parametrov (s pomočjo programa Plankton identifier) in na koncu še oblikovanje datoteke v obliko kot je: _<frakcija>_dat1.pid, ki vsebuje logaritemski in podatkovni del. Dobimo sličice objektov (vinjete), kot jih prikazuje slika 21.



Slika 21: Vinjeta (Picheral, 2007: 14).

Plankton identifier je brezplačen program, ki omogoča samodejno prepoznavanje predmetov (plankton in/ali drugih majhnih delcev) iz niza slik s pripadajočimi podatki le teh (polavtomatsko). Zato je treba najprej ekstrahirati podatke posameznih objektov (PID format) in sličic objektov (JPEG) s pripadajočo kombinacijo strojno-programске opreme, kot sta ZooScan in ZooProcess (<http://www.ZooScan.com>), šele nato lahko uporabimo Plankton Identifier. Ko je zajemanje podatkov končano, program pomaga uporabnikom, da gradijo t.i. učne datoteke - »learning files« (niz objektov, ki jih strokovnjak prepozna), s pomočjo varnega vmesnika, ki preprečuje izgubo podatkov, napačnih dvojnikov, itd. s pomočjo učne datoteke. Plankton Identifier omogoča samodejno prepoznavanje neomejenega števila predmetov iz ene ali več podatkovnih datotek. Poleg tega lahko uporabnik optimizira prepoznavanje na različne načine: z izbiro različnih metod za analizo podatkov, izborom spremenljivk, načinom razvrščanja predmetov itd. Rezultati so shranjeni v eni ali več navadnih datotek, ki jih lahko zlahka uvozimo v druge programske opreme (grafične, serijo časovnih analiz itd.), ustvarimo lahko tudi podrobna statistična poročila (html format, ki omogoča copy paste). Nadzorovani študijski algoritmi se ne izvajajo v programu Plankton Identifier, ampak lahko podatke prosto iščemo v novejši programski opremi TANAGRA. To je razlog za obvezno namestitev programa Tanagra 1.4.22 ali novejšega na računalniku pred uporabo programa Plankton Identifier.

6. Ustvarjanje »learning seta« statističnega programa Tanagra¹

7. Izdelava razporejevalnika

8. Uporabiti razporejevalnik z namenom, da napovemo notranji premer neznanih objektov

9. Ročno preverjanje izbranih objektov

10. Preverjanje pravilnega (polavtomatskega) prepoznavanja na podlagi »learning seta« s pomočjo statističnega programa Tanagra.¹

¹ Naše praktično delo se je ustavilo na točki 9, saj program ni pravilno deloval in zato ni bilo možno priti do končnih rezultatov. Pri izračunu rezultatov smo tako uporabili podatke, ki so jih pridobili ruski raziskovalci na področju morske biologije, ki so prav tako preučevali mezozooplankton.

3.4 DOLOČANJE ŠTEVILČNOSTI S POMOČJO PODATKOV, PRIDOBLENIH Z OPTIČNIM MIKROSKOPOM

Najprej izračunamo skupno številčnost preučevanih taksonomskih skupin, za posamezne mesece za leto 2005 ter 2008, po sledečem izračunu:

$$T_m = \sum_{n=1}^S N_i \quad \dots(1)$$

T_m – vsota proučevanih taksonomskih skupin za posamezen mesec v letu

N_i – številčnost i -te taksonomske skupine za posamezen mesec v letu

S – število taksonomskih skupin

Izračun ponovimo za leto 2008.

Dobimo celotno številčnost organizmov za obe preučevani leti, ki smo jo uporabili pri nadaljnjem računanju. Določimo številčnost posameznih taksonomskih skupin glede na izračunano celotno številčnost. Enačba:

$$N_i \% = \frac{N_i}{T_m} \cdot 100 \quad \dots(2)$$

$N_i \%$ = delež taksonomske skupine glede na skupno številčnost

Izračunali smo vrednosti za leto 2005 in 2008.

S pomočjo dobljenih vrednosti narišemo grafe, ki so predstavljeni v poglavju Rezultati.

Treba je opozoriti, da smo za izračun uporabili vrednosti, ki so jih pri svojem raziskovalnem delu dobili ruski raziskovalci za področje morske biologije. Slednji so preučevali številčnost mezozooplanktona na območju Tržaškega zaliva s pomočjo svetlobnega mikroskopa. Zaradi tehničnih težav programske opreme ZooScan-a namreč nismo dobili končnih rezultatov, na podlagi katerih bi lahko izrisali grafe in nadalje preučevali številčnost ter dinamiko mrežnega zooplanktona.

4. REZULTATI

4.1 ABIOTSKI PARAMETRI

V preglednici 1 so navedene meritve slanosti in temperature po posameznih mesecih, v obdobju med letoma 2005 ter 2011.

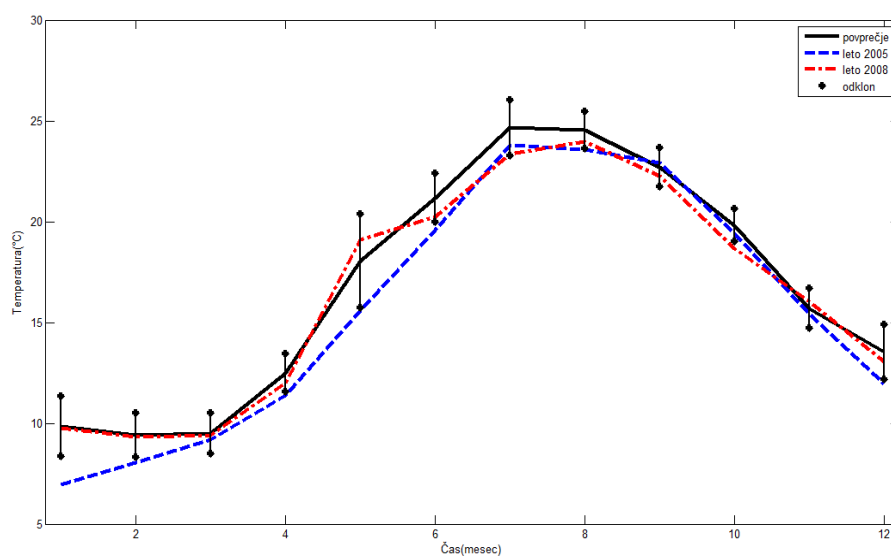
Preglednica 1: Izmerjene povprečnih vrednosti (AV) slanosti in temperature z upoštevanjem standardne deviacije (SD) po mesecih, od leta 2005 do leta 2011.

Mesec	TEMPERATURA (°C)			SLANOST (‰)		
	AV	AV + SD	AV - SD	AV	AV + SD	AV - SD
Jan	9,85	11,35	8,35	37,8	38,23	37,36
Feb	9,41	10,51	8,3	37,86	38,27	37,44
Mar	9,05	10,52	8,47	37,7	38,02	37,38
Apr	12,49	13,43	11,54	37,16	38	36,32
Maj	18,07	20,39	15,74	36,33	37,33	35,33
Jun	21,18	22,39	19,97	36,64	38,44	34,83
Jul	24,65	26,02	23,28	35,87	37,62	34,13
Avg	24,53	25,44	23,63	36,51	37,86	35,17
Sep	22,07	23,66	21,75	36,74	37,68	35,8
Okt	19,81	20,63	19	36,98	37,72	36,23
Nov	15,7	16,7	14,71	36,95	37,95	35,95
Dec	13,53	14,9	12,15	37,22	37,9	36,53

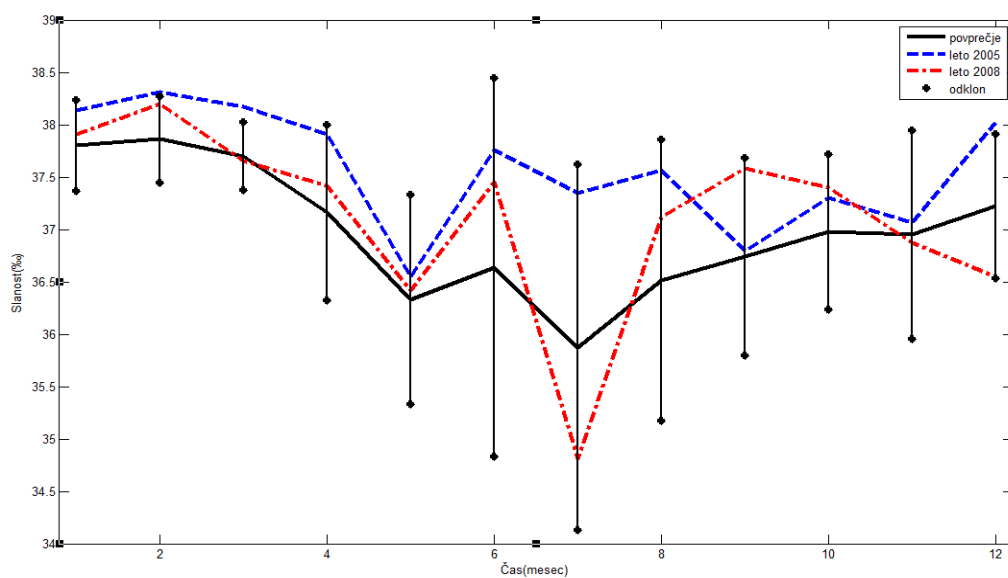
Na sliki 22 je primerjava povprečne vrednosti temperature v letih 2005 in 2008 z dolgoletnim povprečjem. Ugotovimo lahko, da je prva polovica leta 2005 hladnejša od dolgoletnega povprečja, preostanek leta in leto 2008 pa se ujemata z dolgoletnim povprečjem.

Ob primerjavi povprečne vrednosti slanosti v letih 2005 in 2008 z dolgoletnim povprečjem (slika 23), ugotovimo, da je slanost višja od dolgoletnega povprečja, z izjemo izrazito negativnega odklona v mesecu juliju 2008. Manjše odstopanje se kaže tudi v decembru istega leta. Opazimo, da so vrednosti leta 2005 nekoliko višje od tistih v letu 2008, z izjemo septembra in oktobra.

Nižja slanost v juliju 2008 bi lahko pomenila, da je bil takrat dotok sladkih voda izrazito večji kot v letu 2005, a je po podatkih ARSO takrat količina padavin znašala 863,9 mm, v letu 2005 pa 910,3 mm. Zato te povezave ne moremo potrditi in odklona v mesecu juliju leta 2008 ne znamo pojasniti.



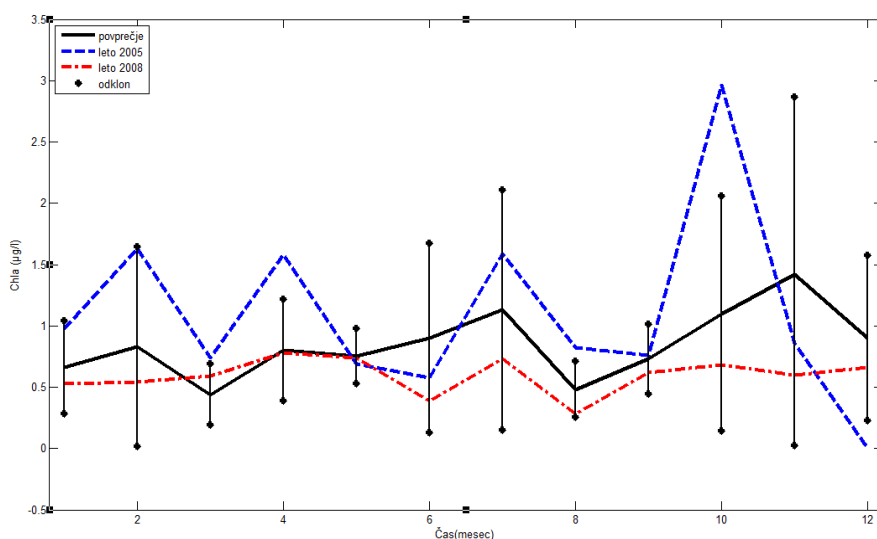
Slika 22: Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti temperature z upoštevanjem standardne deviacije v letih 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje.



Slika 23: Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti slanosti z upoštevanjem standardne deviacije v letih 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje.

4.2 KLOORFILNA BIOMASA

Vrednosti klorofila a v letih 2005 in 2008 (slika 24) kažejo precej višjo vsebnost klorofila letu 2005 kot v letu 2008. Najvišja vrednost je bila izračunana v oktobru 2005, medtem ko je bila v mesecu februarju, aprilu in juliju konstantna. V letu 2008 je bila vsebnost klorofila a zelo enakomerna preko celega leta, z manjšim nihanjem junija in avgusta. Vrednosti klorofila a so v letu 2005 precej nad povprečjem, izjema je mesec junij, ko je vrednost pod povprečjem. Leta 2008 so vrednosti manjše od povprečnih, izjema je mesec marec, saj takrat vrednost nekoliko preseže povprečje.

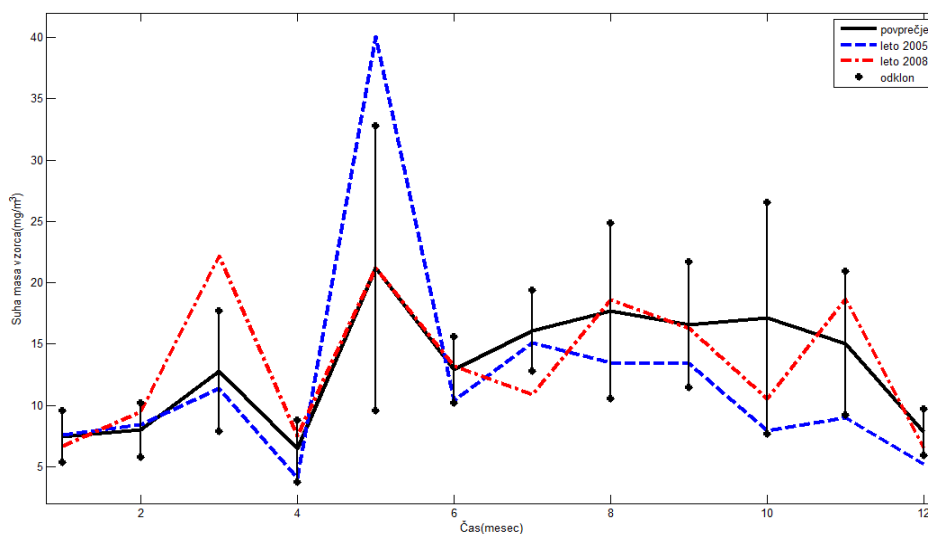


Slika 24: Primerjava vsebnosti klorofila a med letoma 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje.

4.3 MEZOZOOPLANKTON

4.3.1 Suha masa vzorca

Vrednosti suhe mase vzorcev v letih 2005 in 2008 so prikazane na sliki 25. V letu 2008 so vrednosti suhe mase vzorca večinoma višje kot leta 2005, z izjemo julija 2005, z najvišjo izračunano vrednostjo v obeh letih. V maju 2008 meritev ni bila izvedena, zato moramo ta mesec pri primerjavi izvesti. Pri primerjavi obeh let s povprečjem lahko ugotovimo, da kaže leto 2005 večje odstopne od povprečja in sicer so vrednosti pod povprečjem. Izjema je mesec maj, ko so vrednosti izrazito nadpovprečne. V letu 2008 se največje pozitivno odstopanje kaže v mesecu marcu.



Slika 25: Primerjava vrednosti suhe mase vzorca med letoma 2005 in 2008, glede na dolgoletno povprečje.

4.2.2 Vrsta sestava in številčnost mrežnega zooplanktona

V letu 2005 so v celoti daleč najštevilčnejši ceponožni raki (46403 osebkov), sledi *Penilia avirostris* s 3-krat, ter *Noctiluca scintillans* z 2-krat manjšo številčnostjo (preglednica 2). Ostale taksonomske skupine so manj številčne. Repatih plaščarjev ter ličink iglokožcev je kar 9-krat manj, cevkačev, ličink polžev ter *Evadne sp.* pa celo do 20-krat manj kot ceponožnih rakov. Najmanj številčne so ličinke mnogoščetincev z le 215 osebkov preko celega leta.

Pri primerjavi številčnosti po letnih časih (za zimski čas smo upoštevali prve tri mesece v letu, pomladnega naslednje tri, itd.) smo ugotovili, da je pozimi najštevilčnejša *Noctiluca scintillans* (15595 osebkov), sledijo ceponožni raki. Repati plaščarji so 10-krat manj številčni. Najmanj številčni sta *Penilia avirostris* s štirimi osebkov, ter *Evadne sp.* s sedmimi osebkov, medtem ko ni zabeleženega niti enega osebkov doliolidov. V pomladnem času so daleč najštevilčnejši ceponožci (20322 osebkov), sledijo ličinke polžev ter repati plaščarji, ki jih je kar 10-krat manj. Daleč najmanj številčna je *Penilia avirostris* (le 15 osebkov). Slednja pa močno prevladuje poleti (21376 osebkov). Sledijo ceponožci, ličinke iglokožcev ter repati plaščarji. Najmanj osebkov (32) je smo opazili pri vrsti *Noctiluca scintillans*. V jesenskem času so bili na prvem mestu ceponožni raki, sledijo ličinke iglokožcev. Najmanj je ličink školjk (22 osebkov).

Za leto 2008 (preglednica 3) je vrstni red prvih petih najštevilčnejših skupin popolnoma enak kot leta 2005, le število osebkov je manjše. Razlika je v tem, da je v letu 2008 najmanj številčna *Evadne sp.* (333 osebkov). Treba je dodati, da v mesecu maju in juniju meritve niso bile izvedene.

Pri podrobnejšem preučevanju številčnosti po letnih časih smo ugotovili, da so pozimi daleč najštevilčnejši ceponožci (16948 osebkov), sledi *Noctiluca scintillans* s skoraj 9-krat manjšim številom osebkov. Sledijo repati plaščarji z 20-krat ter cevkači s 40-krat manjšo

številčnostjo. Cevkači so prisotni le v tem delu leta, kasneje pa se ne pojavljajo več. Zanimivo je, da ni prisotnih osebkov *Penilia avirostris*, tudi doliolidi se pojavijo šele poleti. V spomladanskem obdobju prav tako prevladujejo ceponožni raki, na drugem mestu je ponovno *Noctiluca scintillans*, na tretjem pa ličinke polžev. Najmanjša številčnost (poleg cevkačev in doliolidov, ki se ne pojavljajo) je značilna za ličinke iglokožcev in ščetinočeljstnic z le 1 osebkom. Za ta letni čas so značilne izrazite razlike med posameznimi taksonomskimi skupinami. Poleti je dominantna *Penilia avirostris* (podobno kot leta 2005) z 18805 osebkami, sledijo ceponožci z 13058 osebkami ter repati plaščarji s 7-krat manjšim številom osebkov. Ostale taksonomske skupine so približno enako številčne, z izjemo doliolidov (samo 12 osebkov). Edina taksonomska skupina, ki se v tem letnem času ne pojavlja, je Siphonophora. V jesenskem obdobju močno prevladujejo ceponožci, sledi *Penilia avirostris* ter doliolidi s 3-krat manjšim številom osebkov. Najmanj številčne so ličinke deseteronožcev in cevkačev, ki se niti v tem obdobju ne pojavljajo.

Preučevani leti imata, poleg podobnega redosleda številčnosti taksonomskih skupin tekom celega leta, največjo številčnost skupin v poletnem obdobju. Takrat je dominantna vrsta *Penilia avirostris*, ki je pozimi v vzorcih ni. Prav tako v obeh letih spomladi ter jeseni močno prevladujejo ceponožni raki, na tretjem mestu so repati plaščarji.

Preglednica 2: Številčnost posameznih taksonomskih skupin po mesecih v letu 2005. 1 - ličinka

Taks. skupina	Jan	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg	Sept	Okt	Nov	Dec
Echinodermata (l)	6	20	120	10,5	18	435	1704	226	664	960	796	30
Gastropoda (l)	13	5	23	33	700	1224	229	9	3	10	4	4
Bivalvia (l)	1	20	3	1	2	108	256	9	14	7	10	5
Polychaeta (l)	6	21	16		7	25	16	7	24	13	63	18
Decapoda	10	7	2	2	120	77	26	45	39	20	8	10
<i>Penilia avirostris</i>	1		1			15	7040	8736	5600	768	224	1
Crustacea (l)	14	102	196	11,5	68	56	54	9	15	27	65	43
<i>Evadne</i> sp.	2		5	66	117	478	576	317	360	216	9	
Copepoda	2987	3038	5454	1050	12344	6929	2584	2530	4841	1247	1943	1458
Chateognatha		48	15	15	11	24	82	50	70	80	98	44
Appendicularia	354	648	304	30	572	984	996	808	304	408	316	21
Doliolidae					2	25	256	27	100	240	88	4
Hydromedusae	9	5	5	2	25	470	16	129	27	33	18	4
Siphonophora	23	50	14	2	24	327	1092	61	66	83	502	71
<i>Noctiluca scintillans</i>	15360	119	116	9	373	416	5	23	4	24	100	12

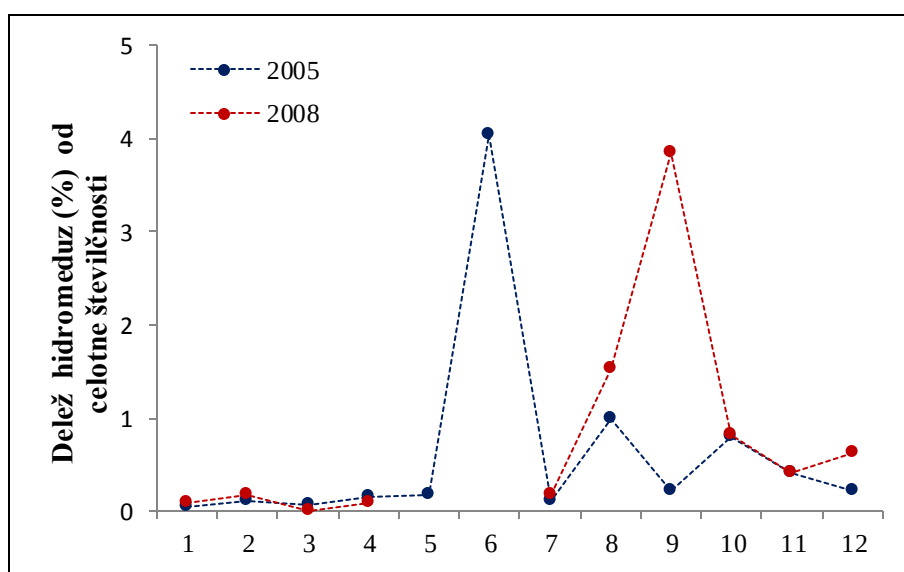
Preglednica 3: Številčnost posameznih taksonomskih skupin po mesecih v letu 2008. 1 - ličinka

Taks. skupina	Jan	Feb	Mar	Apr	Jul	Avg	Sept	Okt	Nov	Dec
Echinodermata (l)	5	19	5	1	394	256	110	976	576	125
Gastropoda (l)	7	16	21	180	135		7	5	69	16
Bivalvia (l)	14	286	25	5	353	456	424	15	420	118
Polychaeta (l)	30			4	13	804	51	13	305	88
Decapoda (l)	4	4	7	1	40	225	28	18	12	7
<i>Penilia avirostris</i>				80	5701	10976	2128	2864	42	10
Crustacea (l)	26	36	54	16	97	87	26	9	88	94
<i>Evadne</i> sp.		1	17	27	122	30	81	50	6	
Copepoda	4597	3621	8730	2474	3059	4214	5785	1247	4736	3296
Chateognatha	20,5	23,5	30	1	46	264	36,5	53	262,5	173,5
Appendicularia	74	507	232	3	723	1152	920	816	376	53
Doliolidae							12	106	1800	53
Hydromedusae	5	9	1	4	21	288	388	52	37	26
Siphonophora	165	165	59							
<i>Noctiluca scintillans</i>	108	19	1760	1824	1437	49	5	64	6	15

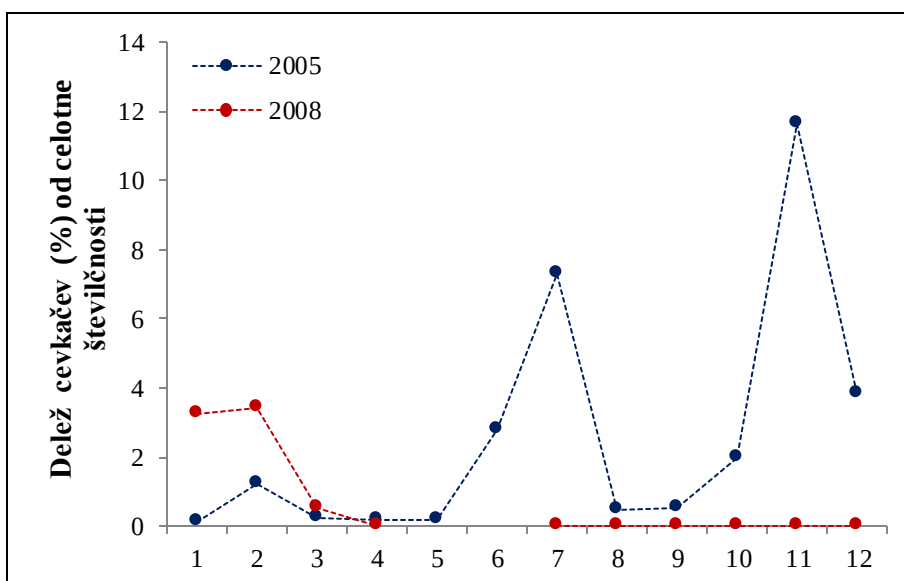
V nadaljevanju smo primerjali obe leti po deležih (%) posameznih taksonomskih skupin glede na celoletno številčnost. Delež hidromeduz (slika 26) v prvih štirih mesecih obeh let je primerljiv, v mesecu maju in juniju leta 2005 pa izrazito naraste. Ker v teh dveh mesecih leta 2008 meritve niso bile opravljene, primerjave ne moremo narediti. Od julija do oktobra leta 2008 je izrazit vrh glede na leto 2005, od oktobra do novembra je delež enak v obeh letih, nato pa se decembra leta 2008 spet rahlo poveča.

Pri primerjavi deležev cevkačev (slika 27) opazimo zelo velike razlike med obema letoma. Prve tri mesece v letu 2008 opazimo višje vrednosti v primerjavi z letom 2005, delež se nato postopoma zmanjšuje. V maju in juniju meritve niso bile izvedene, nato pa je delež do konca leta nič. Od maja do julija se v letu 2005 delež postopoma povečuje, sledi močan upad konec poletja in v začetku zime, nato pa drugi vrh v novembru.

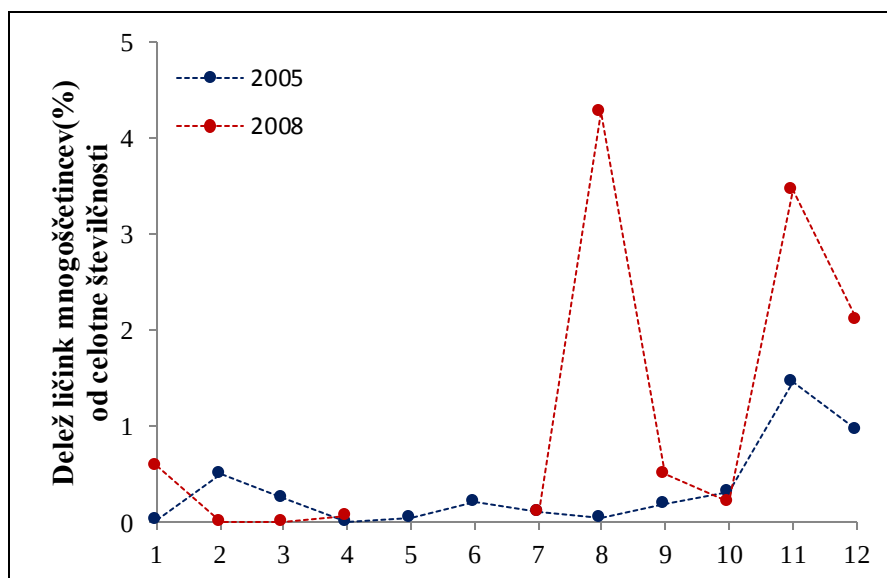
Delež ličink mnogoščetincev (slika 28) je primerljiv, največje odstopanje je vidno v avgustu 2008, ko delež izrazito naraste. Sledi močan upad in nato ponovno zvišanje deleža, z drugim vrhom v mesecu novembru.



Slika 26: Primerjava deležev hidromeduz (*Hydromedusae*) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

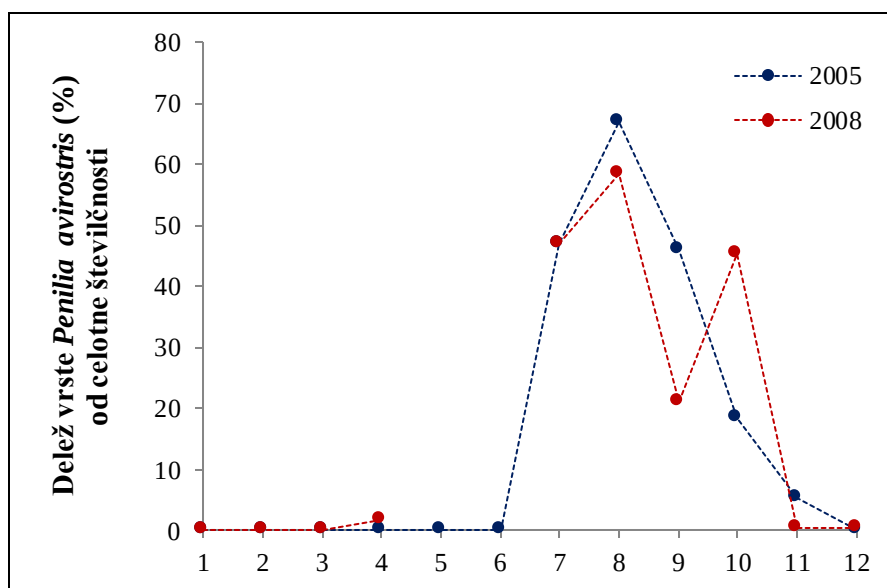


Slika 27: Primerjava deležev cevkačev (*Siphonophora*) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



Slika 28: Primerjava deležev ličink mnogoščetincev (*Polychaeta*) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

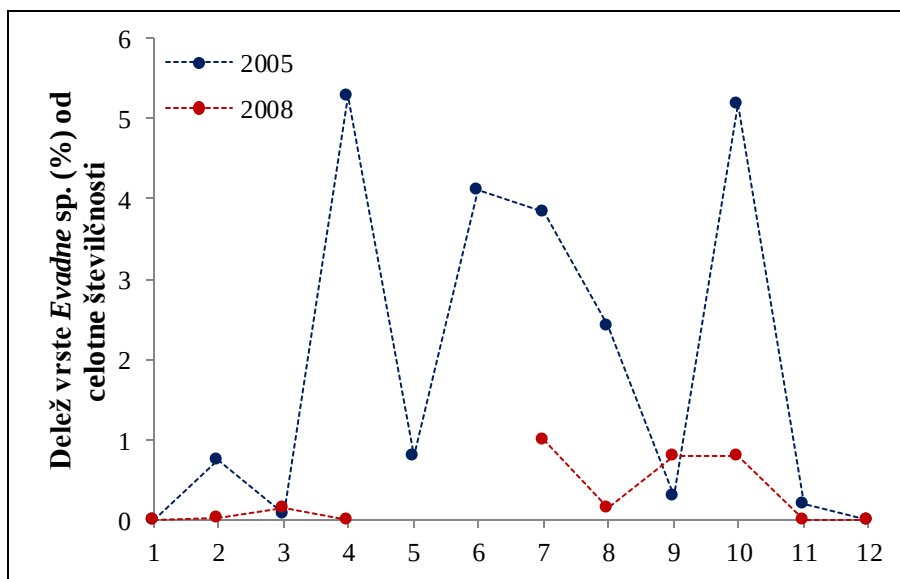
Prve tri mesece je delež vrste *Penilia avirostris* popolnoma identičen (slika 29), aprila leta 2008 se nekoliko poveča. V letu 2005 je nato delež še vedno nespremenjen do junija, medtem ko maja ter junija leta 2008 ni izvedenih meritev. Za obe leti je nato značilen višji delež z vrhom v avgustu, nato začne postopoma upadati z izjemo oktobra 2008, saj se takrat delež vrste *Penilia avirostris* ponovno zviša.



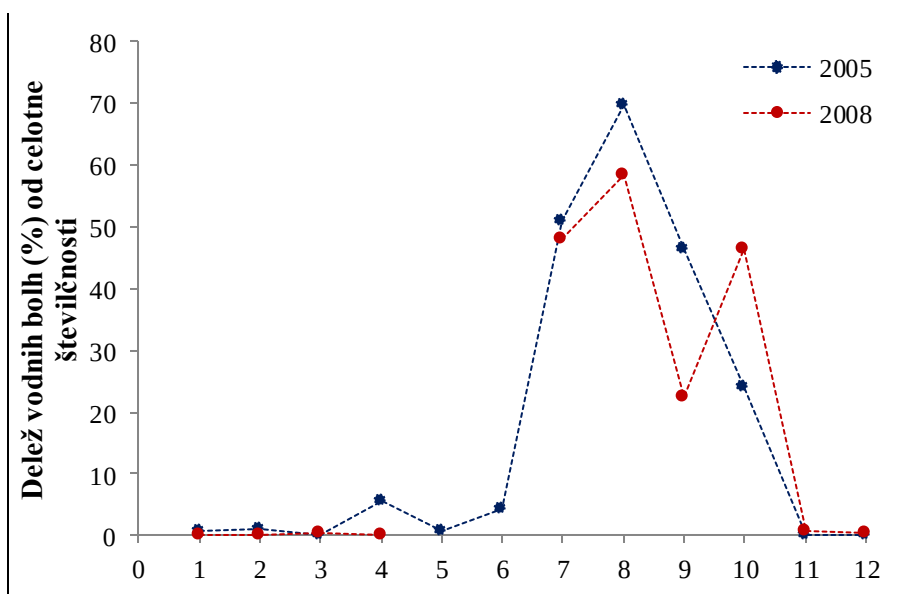
Slika 29: Primerjava deležev vrste *Penilia avirostris* po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

Pri primerjavi deležev vrste *Evadne* sp. (slika 30) opazimo lahko izrazito razliko med obema letoma. V letu 2005 so bile vrednosti precej višje in z večjimi nihanji kot v letu 2008.

Delež vodnih bolh (Cladocera) je splošno gledano v letu 2005 višji (slika 31). V obeh letih je vrh avgusta. Izjema je oktober, kjer je leta 2008 izrazito višji delež taksonomske skupine rakov.



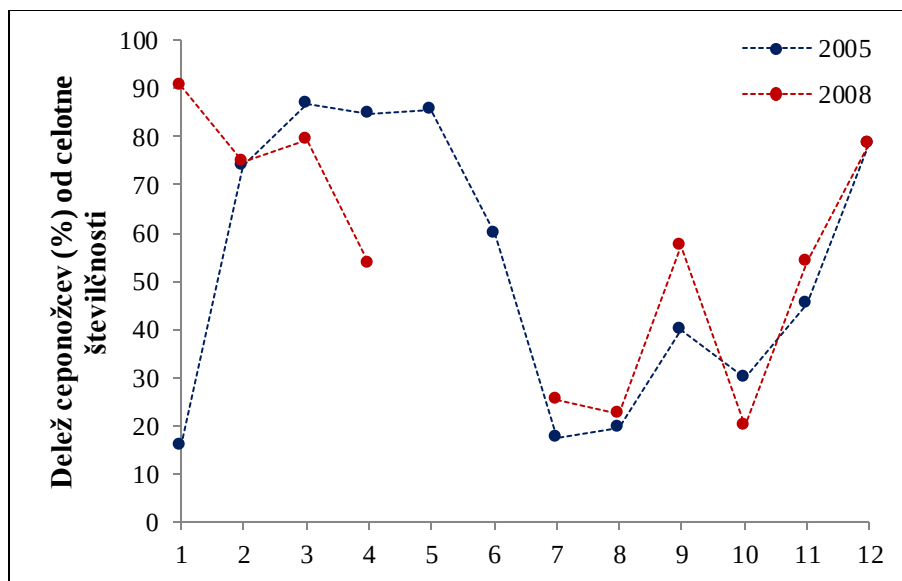
Slika 30: Primerjava deležev vrste *Evadne* sp. po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



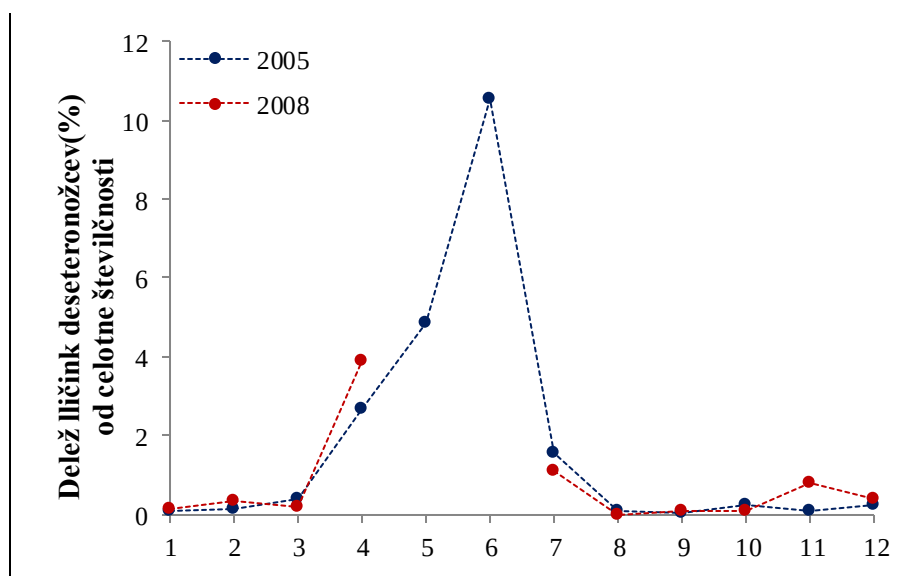
Slika 31: Primerjava deležev vodnih bolh (Cladocera) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

Delež vseh ceponožnih rakov (Copepoda) (slika 32) je januarja 2008 več kot 4-krat višji od januarja 2005, v aprilu pa precej nižji od aprila 2005. Za september 2008 je značilen višji delež kopepodov kot leta 2005.

Deleži ličink deseteronožcev (Decapoda) (slika 33) so v obeh letih primerljivi, z izjemo meseca aprila in novembra 2008, ko so nekoliko višji od tistih v letu 2005.



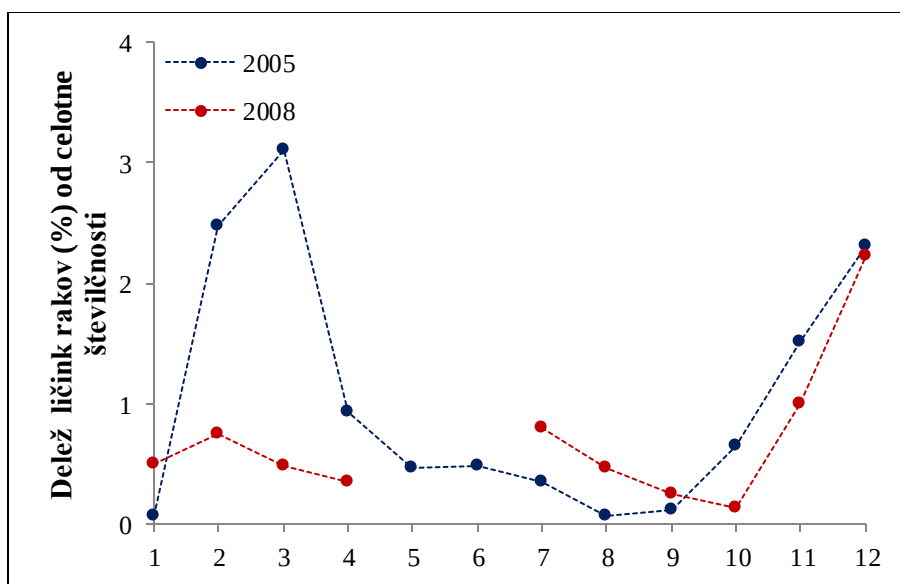
Slika 32: Primerjava deležev ceponožcev (Copepoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



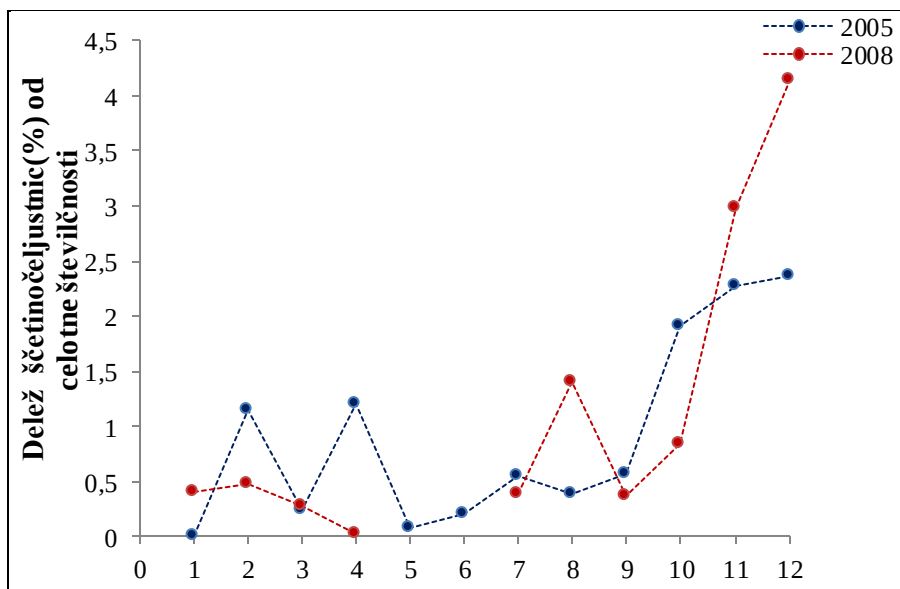
Slika 33: Primerjava deleža ličink deseteronožcev (Decapoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

Delež ličink rakov (Crustacea) je prve štiri mesece v letu 2005 znatno višji (slika 34), mesec maj in junij nista primerljiva, saj leta 2008 niso opravljene meritve. Od julija pa do septembra so v letu 2008 vrednosti višje, nato pa do konca leta malo pod vrednostmi leta 2005.

Graf, ki prikazuje delež ščetinočeljjustnic (Chaetognatha) ima več vrhov (slika 35). Prvi trije so značilni za februar, april in december leta 2005, v letu 2008 pa za avgust in december. V septembru in oktobru je delež višji v letu 2005, v letu 2008 pa od oktobra do konca leta vrednosti strmo naraščajo in dosežejo vrh decembra.



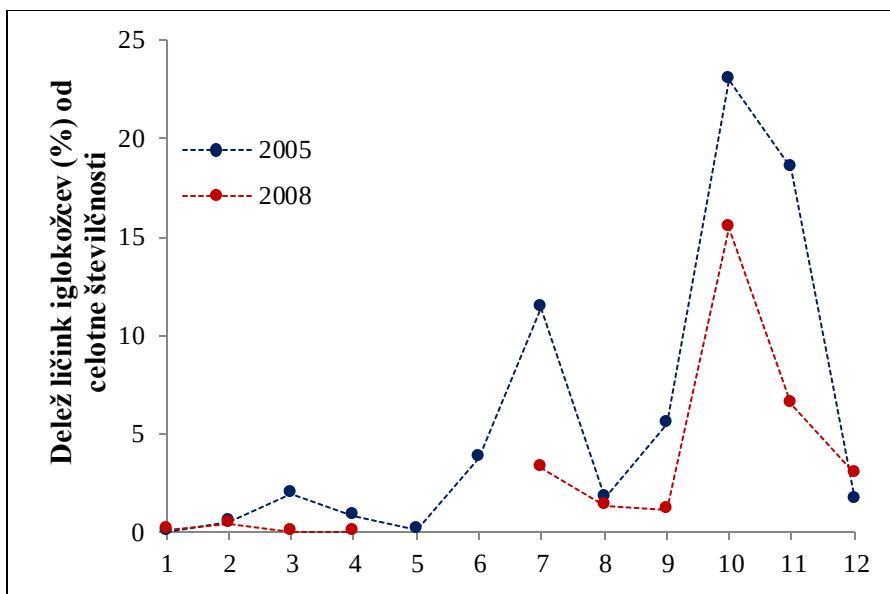
Slika 34: Primerjava deležev ličink rakov po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



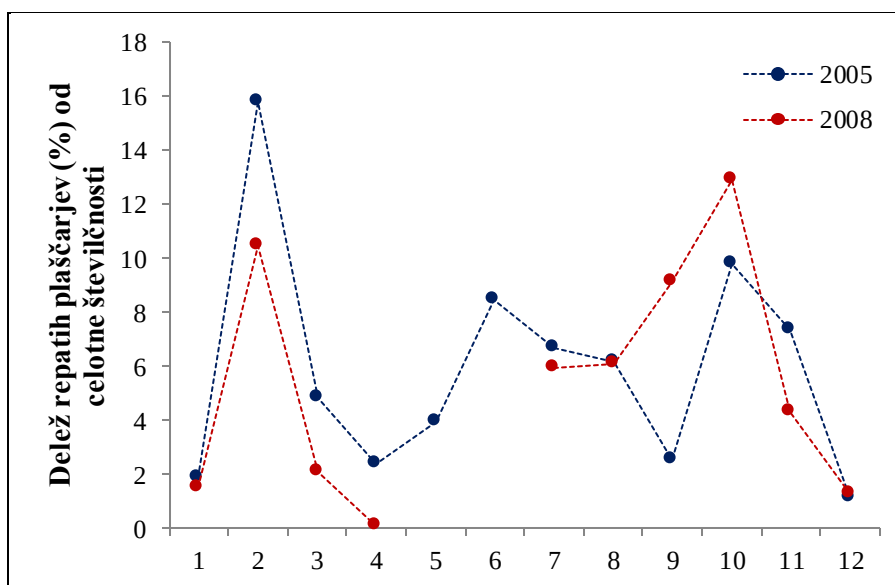
Slika 35: Primerjava deležev ščetinočeljjustnic (Chaetognatha) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin

Delež ličink iglokožcev (Echinodermata) je v letu 2005 višji skozi celo leto (slika 36). Mesec maj in junij nista primerljiva saj v letu 2008 niso opravljene meritve.

V prvih štirih mesecih leta 2005 opazimo nekoliko višji delež taksonomske skupine Appendicularia (slika 37). Najvišja vrednost je opazna v februarju 2005. Mesec maj in junij nista primerljiva, saj v letu 2008 niso opravljene meritve. Leta 2008 je vrh v oktobru, nato pa delež strmo upada.

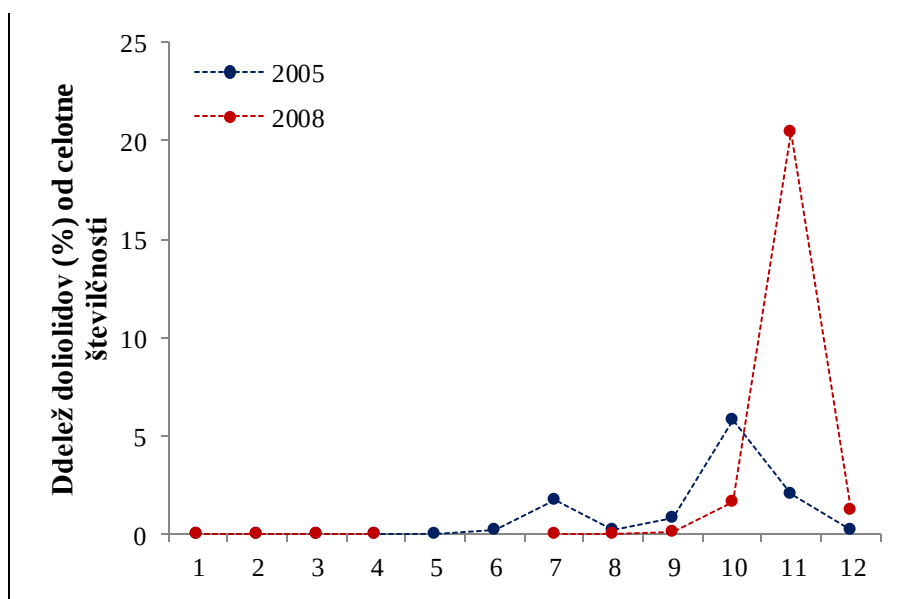


Slika 36: Primerjava deležev ličink iglokožcev po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



Slika 37: Primerjava deležev repatih plaščarjev (Appendicularia) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

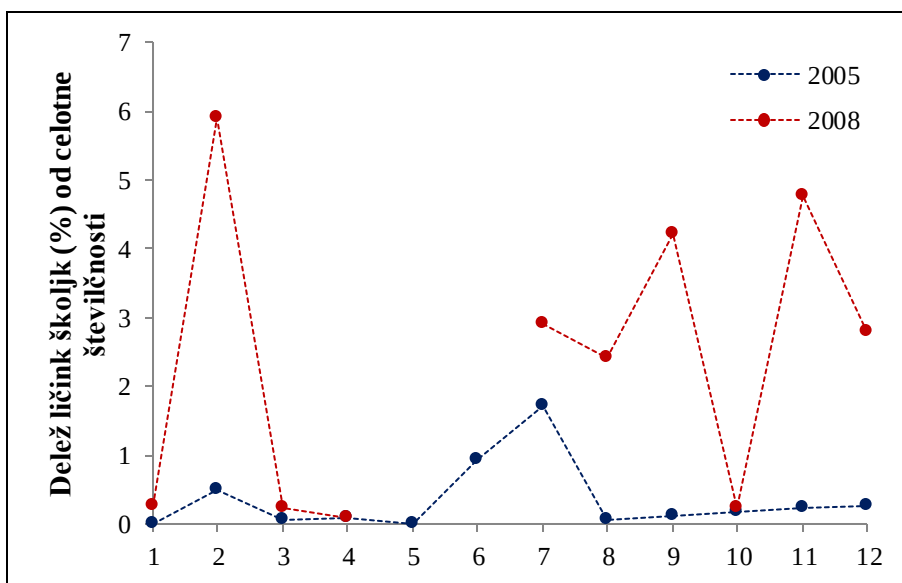
V obeh letih je delež doliolidov (slika 38) v prvih štirih mesecih enak nič, v letu 2005 še v maju in juniju, za mesec 2008 pa tega ne morem ne potrditi ne ovreči, saj takrat niso bile opravljene meritve. Majhno povišanje deleža se kaže v juliju 2005, z vrhom v oktobru, medtem ko je delež od julija do oktobra 2008 še vedno nič. Izrazit vrh in najvišji delež doliolidov je v mesecu novembru 2008.



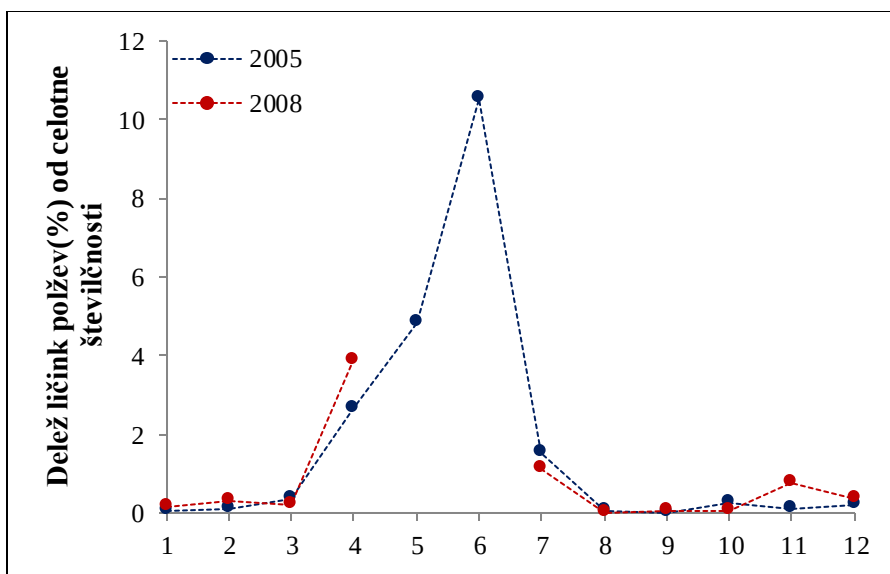
Slika 38: Primerjava deležev taksonomske skupine Doliolida po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

Pri deležu ličink školjk (*Bivalvia*) opazimo izrazit vrh februarja leta 2008, drugega pa v novembru istega leta (slika 39). V letu 2005 so vrednosti zelo nizke ter enakomerno razporejene preko celega leta, izjemi sta mesec junij in julij. Vrednosti v maju in juniju 2005 niso primerljive z letom 2008, saj v teh dveh mesecih ni opravljenih meritev.

Deleži ličink polžev (slika 40) so v obeh letih zelo enakomerno porazdeljeni, izrazit vrh je v maju 2005, vendar pa tega ne moremo upoštevati, saj v letu 2008 meritve v maju in juniju niso bile opravljene.

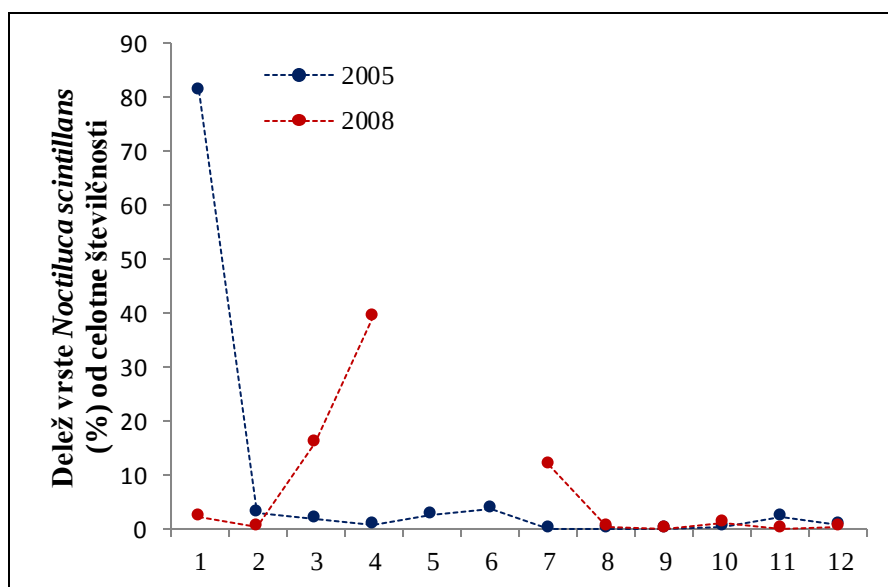


Slika 39: Primerjava deležev ličink školjk (Bivalvia) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.



Slika 40: Primerjava deležev ličink polžev (Gastropoda) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

Za delež vrste *Noctiluca scintillans* (slika 41) je značilen izrazit vrh januarja leta 2005, nato začnejo vrednosti strmo upadati. Drugi vrh je v aprilu leta 2008. Ostale vrednosti so v obeh letih zelo enakomerne in se gibljejo okoli ničle.



Slika 41: Primerjava deležev vrste *Noctiluca scintillans* (Dinoflagellata) po mesecih, med letoma 2005 in 2008. Deleži (%) so izračunani glede na celotno številčnost taksonomskih skupin.

5 RAZPRAVA

Pri podrobnem pregledu rezultatov smo ugotovili, da so organizmi daleč najštevilčnejši v poletnem obdobju v obeh preučevanih letih, drugi vrh je bil v zimskem obdobju (pregl. 2 in 3). Iz preglednic je razvidno tudi, da so bili na splošno najštevilčnejši ceponožni raki (Copepoda), z vrhom številčnosti spomladi ter jeseni. Ugotovili smo še, da je narasla številčnost te skupine, saj smo v letu 2005 zabeležili 41758 osebkov, v letu 2008 pa 46402 osebkov.

Pozimi v letu 2005 je prevladovala *Noctiluca scintillans*, v letu 2008 pa ceponožni raki (slika 33). Opazili smo, da je bila poleti v obeh letih najvišja številčnost značilna za vrsto *Penilia avirostris*, medtem ko pozimi ta vrsta sploh ni bila prisotna (slika 30).

Kambruska in Fonda Umani (2006) v svojih izsledkih prav tako navajata splošen porast številčnosti združbe Copepoda, v obdobju skoraj 30 let v Tržaškem zalivu, vendar le vrst manjših dimenzij.

Tudi Fonda Umani je ugotovila, da so kopepodi prevladujoči in da je *Penilia avirostris* najštevilčnejša v poletnih mesecih. Ker v naši raziskavi nismo natančno prepoznavali vseh taksonov znotraj ceponožcev, ne moremo preveriti njenih trditev, da so prevladovali kalanoidi.

Riebesell in Tortell (2011) sta prišla pri preučevanju ličink školjk, polžev in iglokožcev do podobnih ugotovitev kot mi. Ličinke školjk so imele manj izrazito sezonsko pojavljanje kot ličinke polžev, vendar so bile številčnejše poleti, kar se ujema z našimi ugotovitvami (preglednici 2 in 3). Razen v letu 2008, ko sta opazila največjo številčnost ličink školjk novembra, smo mi dobili drugačne rezultate. Ugotovili smo, da je bila največja številčnost ličink školjk opažena avgusta (preglednica 3). Pri ličinkah smo največjo številčnost v obeh preučevanih letih (preglednici 2 in 3) opazili pri taksonomski skupini Echinodermata (poleti ter jeseni), kar sta ugotovila tudi Riebesell in Tortell. Pozimi se je, glede na naše rezultate, njihova številčnost močno zmanjšala, vendar se posamezni osebki pojavljajo tudi v tem obdobju leta. Riebesell in Tortell sta dobila drugačne rezultate, saj preučevane ličinke iglokožcev niso bile prisotne v najhladnejših mesecih.

Potrdila se je naša domneva, da sta za mezozooplankton značilna dva vrhova v številčnosti taksonomskih skupin, medtem ko je za fitoplankton značilnih več vrhov (zgodaj spomladi ter jeseni ter občasno poleti, kar je povezano s cvetenjem diatomej). Omenjeni vrhovi se ujemajo s koncentracijo klorofila a (slika 25) in vrhom biomase spomladi, ter jeseni v letu 2008. V letu 2005 je bil prvi vrh biomase prav tako spomladi, kot v letu 2008, drugi pa poleti. Na podlagi teh podatkov lahko delno sklepamo, da je vsebnost klorofila a povezana z biomaso zooplanktona. Do podobnih zaključkov, da mezozooplankton tipično prikazuje bimodalne sezonske distribucije z vrhom številčnosti in biomase spomladi in jeseni, je prišel Colebrook (1979). Ugotovil je tudi, da (v nasprotju z mezozooplanktonom) biomasa fitoplanktona prikazuje več vrhov, eden izmed njih je cvetenje zgodaj spomladi in jeseni ter občasno poleti.

Opažene vrhove klorofila bi lahko povezali s tem, da obstaja povezava med vsebnostjo klorofila a, prisotnostjo fitoplanktona ter številčnostjo mezozooplanktona. Več klorofila a lahko pomeni podaljšano cvetenje fitoplanktona, to pa omogoča več hrane za zooplankton, katerega populacija se posledično poveča. Nekatere populacije planktona so regulirane s kombinacijo obeh omenjenih virov od spodaj navzgor (angl. »bottom-up«) in plenjenja od vrha navzdol (angl. »top-down«). Številčnost organizmov je odvisna od razpoložljivosti hrane, kar pomeni, da več kot je raztopljenih hranil v vodi, dlje časa bo naraščala številčnost populacij fitoplanktona. Posledično bo več hrane za mezozooplankton in do povečanja njegove številčnosti bo prišlo z zamikom (Weis, J. 2008).

Na osnovi zgornje razlage lahko domnevamo, da je do opaženega dviga fitoplanktona najverjetneje prišlo zaradi večje prisotnosti hranil, ker pa je dvigu sledil tudi dvig zooplanktona, naj bi šlo za »bottom-up« efekt. Dvig številčnosti zooplanktona lahko povežemo s tem, da fitoplankton predstavlja glavni vir prehrane planktonskih ceponožcev (Ruppert in sod., 2003). *Penilia avirostris* se npr. prehranjuje s filtriranjem bakterioplanktona in fitoplanktona (Dana, 1852). Katechakis in Stibor (2004) sta zapisala, da se *Noctiluca scintillans* hrani z delci velikosti 2.5–100 µm, kar vključuje heterotrofne nanoflagelate velikosti 2–5 µm, ki so del fitoplanktona. Tudi predstavniki razreda Appendicularia so filtratorji planktona, njihov način prehranjevanja smo opisali v poglavju 4.1.10 (Ruppert in sod., 2003). Z gotovostjo pa zgoraj napisane domneve ne moremo potrditi, saj nismo imeli možnosti v celoti preveriti uporabe ZooScan-a za analizo mezozooplanktona, zaradi že prej omenjene napake v programu.

Vrh v številčnosti taksonomskih skupin bi tako pričakovali spomladi ter jeseni (tudi poleti), vendar naši rezultati tega niso potrdili, saj je bil prvi vrh poleti, drugi pa pozimi. Domnevamo, da je to povezano s hrano, ki je na voljo fito- in zooplanktonu s časovnim zamikom. Zaloga hranil je tudi poleti in pozimi še vedno dovolj velika, kljub pomladnemu in jesenskemu cvetenju, vse dokler so pogoji ugodni (visoke temperature, daljši dan). Cvetenje preneha, ko zmanjka hranil in šele takrat številčnost upade. Pri tem moramo poudariti, da bi manjkajoči podatki o številčnosti organizmov maja in junija 2008, lahko spremenili naše ugotovitve.

6 SKLEPI

Na podlagi dobljenih rezultatov ocenjujemo, da temperatura pomembno vpliva na sezonska nihanja ter sestavo vrst mezozooplanktona. V obdobju z visokimi temperaturami (poleti), ko je na razpolago dovolj hranil, je številčnost organizmov najvišja, prav tako pestrost taksonomskih skupin. Pozimi, ko so temperature najnižje, je raznovrstnost taksonomskih skupin manjša, številčnost pa ostane enaka, saj je hrane očitno še vedno dovolj.

Podobno domnevamo za slanost, kjer se kažejo negativne povezave s koncentracijo klorofila a, ter pozitivne povezave s številčnostjo fitoplanktona. Številčnost slednjega v aprilu ter maju v obeh letih upada, prav tako jeseni. Ti podatki se ujemajo z vrednostmi klorofila a. Iz grafov je razvidno, da nižja kot je slanost, več je klorofila a in več je fitoplanktona, kar pomeni posledično večjo številčnost mezozooplanktona.

V vzorcih mezozooplanktona v Tržaškem zalivu, v letu 2008, so bili najštevilčnejši ceponožni raki. Najizrazitejši upad v letu 2008, glede na leto 2005, smo opazili pri cevkačih (Siphonophora), ter npr. ličinkah iglokožcev in rodu *Evadne* sp. Največji porast smo zasledili pri ličinkah mnogoščetincev, sledijo ličinke rakov ter ličinke školjk. V letu 2008 je število ščetinočeljastic in doliolidov za približno dvakrat višje. Ličinke polžev so poleti leta 2005 številčno bolje zastopane kot leta 2008, pozimi pa je ravno obratno. Rod *Creseis* se pojavlja le v obdobju od julija do decembra, njegovo število je, v primerjavi z letom 2005, manjše za približno polovico. Ribja jajčeca so v pregledanih vzorcih sicer redka, toda ugotovili smo, da je bila v letu 2008 njihova številčnost 10-krat višja. Opazili smo tudi, da so ličinke rebrač (Ctenophora) izrazito zimska skupina.

Ugotovili smo, da spremembe v temperaturi, slanosti ter vsebnosti klorofila a, v morskem ekosistemu Tržaškega zaliva pomembno vplivajo na biomaso, številčnost in sestavo zooplanktona. Spomladi številčnost zooplanktona precej zaostaja za primarno produkcijo in številčnostjo fitoplanktona, poleti pa je razširjanje zooplanktona v veliki meri povezano bodisi s primarno produkcijo, bodisi s prisotnostjo fitoplanktona.

7 POVZETEK

Spremembe v temperaturi, slanosti ter vsebnosti klorofila a v morskem ekosistemu Tržaškega zaliva, pomembno vplivajo na biomaso, številčnost in sestavo zooplanktona. Spomladi številčnost zooplanktona precej zaostaja za primarno produkcijo in številčnostjo fitoplanktona, poleti pa je razširjanje zooplanktona v veliki meri povezano bodisi s primarno produkcijo, bodisi s prisotnostjo fitoplanktona. Podrobneje smo preučevali in analizirali hidromeuze (Hydromedusae), sifonofore (Siphonophora), vodne bolhe (Cladocera), ceponožce (Copepoda), ščetinočeljjustnice (Chaetognatha), repate plaščarje (Appendicularia), salpe (Thaliacea), ličinke polžev (Gastropoda), školjk (Bivalvia), iglokožcev (Echinodermata) ter rakov (Crustacea) in še nekatere manj številčne taksone mrežnega zooplanktona, saj so zaradi svoje velikosti primerni za uporabo ZooScan-a. Osredotočili smo se na vzorce, nabrane v letih 2005 in 2008 v Tržaškem zalivu.

V laboratoriju smo vzorce razredčili s Folsomovim delilcem in jih analizirali z ZooScan-om. Izračunali smo celotno številčnost preučevanih taksonomskih skupin za posamezne mesece za leto 2005 ter 2008. Dobljene vrednosti smo uporabili za določanje deležev posameznih taksonomskih skupin glede na skupno številčnost.

Naši rezultati so pokazali, da so v obeh preučevanih letih prevladovali ceponožni raki (Copepoda), razen v obdobju od julija do septembra, ko je bila dominantna vodna bolha *Penilia avirostris*. Primerjava procentnih deležev posameznih taksonomskih skupin med obema letoma je pokazala razlike v taksonomski sestavi mezozooplanktona. V letu 2008 smo opazili upad številčnosti cevkačev (Siphonophora) in ličink iglokožcev (Echinodermata), sledil pa jima je rod vodnih bolh *Evadne* sp. Sočasno smo opazili porast številčnosti nekaterih taksonomskih skupin, npr. ličink mnogoščetincev (Polychaeta), sledile so ščetinočeljjustnice (Chaetognatha) in doliolidi (Doliolidae).

Na podlagi dobljenih rezultatov in primerjave z objavljenimi deli lahko zaključimo, da na preučevanem območju na sestavo mezozooplanktona ter njegovo sezonsko nihanje pomembno vplivajo abiotiski in biotski dejavniki, kot so temperatura, slanost in klorofil. Nejstgaard in sod. (2001) so prav tako kot mi ugotovili, da zelo spremenljive okoljske razmere (v smislu stopnje primarne produkcije in sestave vrst), ki so značilne za Tržaški zaliv, enakovredno določajo spremenljivost obnašanja tako mikro- kot mezozooplanktonskih združb, ki so prisiljene v izkoriščanje virov, ki so jim na voljo.

Pri načrtovani primerjavi ciklov zooplanktona med letoma 2005 in 2008 na osnovi različnih okoljskih razmer ter analize mezozooplanktona z ZooScan-om, smo naleteli na težavo, saj je prišlo do napake v sistemu računalniškega programa Tanagra (pomemben del programske opreme ZooScan-a). Zato nismo uspeli določiti številčnosti posameznih taksonomskih skupin z ZooScan-om temveč smo svoje podatke dopolnili s popisom ruskih raziskovalcev, ki s slovenskimi sodelujejo pri raziskavah Tržaškega zaliva.

8 VIRI

- Annex C-7 larvazooplankton. Helsinki Commission: Baltic Marine Environment Protection Commission.
http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/AnnexesC/en_GB/annex7/
(11. jul. 2013)
- ARSO (Agencija Republike Slovenije za Okolje), Državna meteorološka služba.
<http://www.meteo.si/met/sl/archive/> (25. okt. 2013)
- Båmstedt U., Martinussen M.B. 2000. Estimating digestion rate and the problem of individual variability, exemplified by a scyphozoan jellyfish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215: 1-15
- Bell J.L., Hopcroft R.R. 2008. Assessment of ZooImage as a tool for the classification of zooplankton. *Journal of Plankton Research*, 30: 1351-1367
- Bernardi Aubry F., Cossarini G., Acri F., Bastianini M., Bianchi F., Camatti E., De Lazzari A. 2012. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Elsevier, 115: 125-137
- Brian. 1921. *Euterpina acutifrons*. Copepods from the bay of Villefranche.
http://www.obs-vlfr.fr/~gaspari/copepods_guide/euter_acut_fem (22. mar. 14)
- CIESM. Research Programs. The Mediterranean Science Commission.
<http://www.ciesm.org/marine/programs/zooplankton> (16. apr. 2014)
- Claus. 1877. Zooplankton and Micronekton of the North Sea: *Evadne tergestina*. Marine Species Identification Portal.
http://www.species-identification.org/species.php?species_group=zmns&selected=beschrijving&menuentry=soorten&record=Evadne%20tergestina (12. jul. 2013)
- Colebrook J.M. 1979. Continuous Plankton Records: Seasonal cycles of phytoplankton and copepods in the North Atlantic ocean and the North Sea. *Marine Biology*, 51, 1: 23-32.
- Dana. 1852. Zooplankton and Micronekton of the North Sea: *Penilia avirostris*. Marine Species Identification Portal.
http://www.species-identification.org/species.php?species_group=zmns&selected=beschrijving&menuentry=soorten&record=Penilia%20avirostris (12. jul. 2013)

Fischer. 1883. Pelagic Molluscs: Family Cavoliniidae. Marine Species Identification Portal.

http://species-identification.org/species.php?species_group=pelagic_molluscs&selected=beschrijvin g&menuentry=groepen&record=Cavoliniidae (12. jul. 2013)

Fonda Umani S., Beran A., Parlato S., Virgilo D., Zollet T., De Olazabal A., Lazzarini B., Gabrini M. 2004. *Noctiluca scintillans* Macartney in the Northern Adriatic Sea: long-term dynamics, relationships with temperature and eutrophication, and role in the food webs. *Journal of Plankton Research*, 26, 5: 546-561

Fonda Umani S., Tirelli V., Beran A., Guardiani B. 2005. Relationships between microzooplankton and mesozooplankton: competition versus predation on natural assemblages of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Journal of Plankton Research*, 27, 10: 973- 986

Grassi. 1881. Chaetognatha of the World: *Sagitta minima*. Marine Species Identification Portal.

http://species-identification.org/species.php?species_group=chaetognatha&id=94&menuentry=soorten (12. jul. 2013)

Grosjean P., Picheral M., Warembourg C., Gorsky G. 2004. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZooScan digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science*, 61, 4: 518-525

Grube. 1848. Family Tomopteridae. Marine Species Identification Portal.

http://species-identification.org/species.php?species_group=zmns&id=11&menuentry=groepen (12. jul. 2013)

Hayward P.J., Ryland J.S. 1990. *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe*. Volume 1: Introduction and Protozoans to Arthropods; Volume 2: Molluscs to Chordates. Oxford, Clarendon Press: 812 str.

Hure J., Scotto di Carlo B. 1974. New patterns of diurnal vertical migration of some deep-water copepods in the Tyrrhenian and Adriatic Seas. *Marine Biology*, 28, 179–184.

Hydroptic. Marine microorganism imaging and computer-supported identification systems.

<http://www.hydroptic.com/zooscan> (21. apr. 2014)

Kamburska L., Fonda-Umani S. 2009. From seasonal to decadal inter-annual variability of mesozooplankton biomass in the Northern Adriatic Sea (Gulf of Trieste). *Journal of Marine Systems*, 78, 4: 490-504

- Katechakis A., Stibor, H. 2004. Feeding selectivities of the marine cladocerans *Penillia avirostris*, *Podon intermedius* and *Evadnen ordmanni*. *Marine Biology*, 145: 529-536
- Kogovšek T., Bogunović B., Malej A. 2010. Recurrence of bloom-forming scyphomedusae wavelet analysis of 200-year study time series. *Hydrobiologia*, 645: 81-96.
- Kršinić F., Bojanić D., Precali R., Kraus R., 2007. Quantitive variability of the copepod assemblages in the northern Adriatic Sea from 1993 to 1997. *Estuarine, coastal and Shelf science*, 74: 528-538
- Landry M.R. 1993. Estimating rates of growth and grazing mortality of phytoplankton by the dilution method. *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*, 715-722
- Landry M.R., Hassett R.P. 1982. Estimating the Grazing Impact of Marine Micro-Zooplankton. *Marine Biology*, 67, 283-288
- Latreille. 1829. Zooplankton and Micronekton of the North Sea: Order Cladocera. *Marine Species Identification Portal*.
http://species-identification.org/species.php?species_group=zmns&selected=beschrijving&menuentry=groepen&record=Cladocera (12. jul. 2013)
- Maar M. 2003. Distributions of zooplankton in relation to biological-physical factors. PhD thesis. National Environmental Research Institute. Roskilde, Denmark: 11-14
- Malej A., Malačič V. 1995. Factors affecting bottom layer oxygen depletion in the Gulf of Trieste (Adriatic Sea). *Annales*, 7: 33-42.
- Mills C.E., Hirano Y.M. 2007. Hydromedusae. *Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores*. University of California Press, Berkeley, 286-288
- Mozetič P., France J., Kogovšek T., Talaber I., Malej A. 2012. Plankton trends and community changes in a Coastal Sea (Northern Adriatic): Bottom-up vs. Top down control in relation to environmental drivers. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 115: 138-148
- Müller. 1868. Zooplankton and Micronekton of the North Sea: Evadne Spinifera. *Marine Species Identification Portal*.
http://species-identification.org/species.php?species_group=zmns&id=286 (12.jul. 2013)
- Nejstgaard C.J., Hygum Hansen B., Naustvoll L.J., Båmstedt U. 2001. Zooplankton growth, diet and reproductive success compared in simultaneous diatom- and flagellate-microzooplankton- dominated plankton blooms. *Marine Ecology Progress Series*, 221: 77-91

Noctiluca scintillans. Wikipedia.

http://en.wikipedia.org/wiki/Noctiluca_scintillans (16. apr. 2014)

Olivotti R., Faganeli J., Malej A. 1986. Impact of organic pollutants on coastal waters, Gulf of Trieste. *Water Science and Technology*, 18: 57-86.

Picheral. From Sample to Measurements using Zooprocess. 2007. Villefranche, EUR-OCEANS training course: 14 str.

Picheral M. 2010. Zooprocess for ZooScan Manual: Laboratoire d' Océanologie de Villefranche sur mer, updated for version 7.00: 106 str.

Riebesell U., Tortell P.D. 2011. Effects of ocean acidification on pelagic organisms and ecosystems. *Ocean acidification*. USA, Oxford University Press, 6: 99-121

Ruppert E.E., Fox R.S., Barnes R.D. 2003. *Invertebrate zoology: A functional approach*. 7th edition. USA, Brooks/Cole – Thomson Learning: 963 str.

SCOR. 2014. Automatic Visual Plankton Identification.

<http://www.scor-wg130.net> (16. apr. 2014)

Štrus J. 2001. *Mali leksikon zoologije*. Ljubljana, TZS: 335 str.

Todd C.D., Laverack M.S., Boxshall G. 1996. *Coastal Marine Zooplankton: A practical manual for students*. 2nd edition. UK, Cambridge university press: 106 str.

Turner J. T., Tester P.A., Fergwson R.L. 1988. The marine cladoceran *Penilia avirostris* and the “microbial loop” of the pelagic food webs. *Limnology and Oceanography*, 32: 245-255.

Weis J. 2008. Bottom- up control.

<http://www.eoearth.org/view/article/150743> (9. okt. 2013)

Wiebe A.J. 2004. *Actions with Fractions. Patterns, Problem Solving and Practice: Studies in Geometry Series*. 3rd edition. AIMS Education Foundation: 150 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, prof. dr. Alenki Malej za vso pomoč, svetovanje pri pisanju ter oblikovanju diplomskega dela in za to, da mi je omogočila opravljanje zanimive diplomske naloge.

Posebna zahvala gre dr. Tjaši Kogovšek, univ. dipl. geolog., za praktično uvajanje v delo z ZooScan-om, za pomoč pri razreševanju problemov in svetovanje pri pisanju diplomskega dela ter za ves čas, ki mi ga je morala nameniti.

Iskrena zahvala tudi prof. dr. Mihaelu J. Tomanu in predsednici komisije, doc. dr. Simoni Prevorčnik, za pomoč, svetovanje ter hitri strokovni pregled diplome.

Najlepša hvala mojim pristrčnim prijateljicam, Bernardi Bele, Doroteji Čatorič, Lari Habič Sanji Sekovanič ter Tei Romih, ki so bile vedno pripravljene poslušati moje tegobe, mi svetovale ter pomagale na najboljši možni način, da sem lahko uspešno napisala to diplomsko delo.

Največja zahvala pa gre mojemu možu Dejanu in mami, za vso podporo in pomoč, saj sta mi tudi v najtežjih trenutkih stala ob strani. Njuni nasveti, spodbude, finančna in moralna podpora, so mi omogočili uspešno dokončanje študija.