

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO**

Darja TRATAR

**FAVNA RAZLIČNIH SKUPIN MORSKIH RAKOV (CRUSTACEA) V  
MEDIOLITORALU IN ZGORNJEM INFRALITORALU SLOVENSKEGA  
MORJA**

Diplomsko delo

Univerzitetni študij

**FAUNA OF CERTAIN MARINE CRUSTACEAN GROUPS  
(CRUSTACEA) IN MEDIOLITTORAL AND UPPER INFRALITTORAL  
BELTS OF SLOVENIAN SEA**

Graduation thesis

University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Morski Biološki Postaji Piran in na Katedri za zoologijo Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terensko delo se je odvijalo na obali Tržaskega zaliva.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala izred. prof. dr. Lovrenca Lipeja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Tom TURK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Boris SKET  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: izred. prof. dr. Lovrenc LIPEJ  
Morska Biološka Postaja Piran

Datum zagovora: 21.12.2010

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

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, identična tiskani verziji.

Darja Tratar

### KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn  
DK 591.9:595.3(043.2)=163.6  
KG Crustacea/mediolitoral/infralitoral/metoda kvadrata/Tržaški zaliv  
AV TRATAR, Darja  
SA LIPEJ, Lovrenc (mentor)  
KZ SI-1000, Ljubljana, Večna pot 111  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo  
LI 2010  
IN FAVNA RAZLIČNIH SKUPIN MORSKIH RAKOV (CRUSTACEA) V  
MEDIOLITORALU IN ZGORNJEM INFRALITORALU SLOVENSKEGA MORJA  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP VIII, 57 str., 12 pregl., 17 sl., 64 virov  
IJ Sl  
JI sl/en  
AI Čeprav je bil Tržaški zaliv zibelka morske biologije, je živalstvo tega območja še vedno nepopolno raziskano. To velja tudi za različne skupine rakov (Crustacea). Pri nalogi sem se osredotočila na abundanco in vertikalno razporeditev te skupine v obrežnem pasu kamnitega dna (mediolitoral in zgornji infralitoral). Živali smo vzorčili s standardno metodologijo: z metodo kvadrata, pri čemer smo v infralitoralu za lažje vzorčenje uporabili zračno črpalko (sorbono). Po tem, ko smo v laboratoriju rake določili do najnižjega možnega taksona, smo podatke obdelali z standardnimi statističnimi metodami. Rezultati so pokazali, da je razporeditev glavnih skupin rakov odvisna od globinskih pasov, rahlo pa se med postajami razlikuje tudi glede na različno morfološko spremenjenost obale. V zgornjem mediolitoralu povsem prevladujejo raki vitičnjaki, v spodnjem mediolitoralu pa se poleg njih pojavljajo tudi druge skupine. Vrsto najbogatejši pa je bil nedvomno zgornji infralitoral.

#### KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd  
DC 591.9:595.3(043.2)=163.6  
CX Crustacea/mediolittoral/infralittoral/square method/Gulf of Trieste  
AU TRATAR, Darja  
AA LIPEJ, Lovrenc (supervisor)  
PP SI-1000, Ljubljana, Večna pot 111  
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Biology department  
PY 2010  
TI FAUNA OF CERTAIN MARINE CRUSTACEAN GROUPS (CRUSTACEA) IN  
MEDIOLITTORAL AND UPPER INFRALITTORAL BELTS OF SLOVENIAN SEA  
DT Graduation Thesis (University studies)  
NO VIII, 57 p., 12 tab., 17 fig., 64 ref.  
LA Sl  
AL sl/en  
AB Even though the Gulf of Trieste has been the cradle of marine biology, the studies of fauna in this area are still incomplete. This also applies to certain crustacean groups (Crustacea). In this reasearch I focused on abundance and vertical distribution of these groups in the rocky bottom shore (mediolittoral and upper infralittoral). Animals were sampled by standard methods: the square method, in infralittoral belt we also used an air-sampling pump (sorbonne) to ease our sampling. After we defined crustaceans to the lowest possible taxonomic group, we analyzed given data using standard statistical methods. The results showed that the distribution of major crustacean groups varie depending on depth bands and slightly on levels of morphological coastal change. In upper mediolittoral belt we can see the domination of barnacles, where also other taxonomic groups in high abundance are present in the lower mediolittoral belt. In the upper infralittoral belt species richness showed to be the highest.

## KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija (KDI).....	III
Key Words Documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VII
1 UVOD.....	1
1.1 RAKI (CRUSTACEA) .....	1
1.1.1 Sistematika in splošne značilnosti .....	2
1.1.2 Biološke značilnosti .....	2
1.2 OBRAVNAVANO OBMOČJE - Tržaški zaliv .....	5
1.2.1 Geomorfološke značilnosti .....	5
1.2.2 Hidrografske razmere.....	5
1.2.3 Temperaturne razmere .....	6
1.2.4 Slanost.....	6
1.2.5 Sestava združb .....	6
1.3 DOSEDANJE PODOBNE RAZISKAVE V JADRANU .....	8
1.4 NAMEN DELA .....	10
2 MATERIALI IN METODE .....	11
2.1 VZORČEVANJE .....	11
2.1.1 Oprema za vzorčenje.....	19
2.1.2 Vzorčevalna metoda.....	19
2.2 LABORATORIJSKO DELO.....	20
2.3 ANALIZA PODATKOV .....	22
2.3.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H').....	22
2.3.3 Pieloujev stalnostni indeks J' .....	23
2.3.4 Kumulativna dominanca .....	23
3 REZULTATI.....	25
3.1 SPLOŠNI PREGLED FAVNE .....	25
3.1.1 Raki vitičnjaki (Cirripedia).....	28
3.1.2 Raki enakonožci (Isopoda) .....	28
3.1.3 Raki deseternožci (Decapoda) .....	29
3.1.4 Škarjevke (Tanaidacea).....	30
3.1.5 Mizidni raki (Mysidacea).....	31
3.1.6 Raki repači (Cumacea).....	31
3.2 PREGLED PO PASOVIH .....	31
3.2.1 Zgornji mediolitoral .....	31
3.2.2 Spodnji mediolitoral.....	32
3.2.3 Zgornji infralitoral .....	33

3.2.4	Primerjava med pasovi.....	34
3.2.4.1	Abundanca .....	34
3.2.4.2	Vrstna pestrost .....	34
3.3	PRIMERJAVA MED POSTAJAMI.....	377
3.3.1.	Abundanca .....	387
3.3.2.	Vrstna pestrost .....	398
3.3.2.1	Vrsta diverziteta.....	409
3.3.2.2	Enakomernost porazdelitve.....	40
4	DISKUSIJA .....	432
4.1	PRIMERNOST UPORABLJENIH METOD .....	432
4.1.1	Pomen vzorčevanih površin.....	432
4.1.2	Vzorčevalne tehnike.....	432
4.1.3	Določevanje .....	443
4.2	PRIMERJAVA Z DRUGIMI RAZISKAVAMI .....	454
4.2.1	Primerjava vrstne pestrosti Tržaškega zaliva in nekaterih drugih območij Jadrana.....	44
4.2.2	Pregled po taksonomskih skupinah.....	465
4.3	EKOLOŠKA OPREDELITEV POSTAJ.....	498
5	POVZETEK.....	532
6	VIRI .....	543

ZAHVALA

## KAZALO SLIK

Sl. 2.1: Zemljevid Tržaškega zaliva z označenimi vzorčevanimi postajami, na katerih so bila opravljena vzorčenja bentoških združb v letu 2008.....	12
Sl. 3.1: Skupna abundanca ugotovljenih rakov, vzorčenih v Tržaškem zalivu.....	25
Sl. 3.2: Prisotnost posameznih skupin rakov v vseh vzorcih vključno z Amphipoda, vzorčenih v Tržaškem zalivu.....	25
Sl. 3.3: Prisotnost posameznih skupin rakov v vseh vzorcih brez skupine Amphipoda, vzorčenih v Tržaškem zalivu.....	25
Sl. 3.4: Delež najštevilčnejših vrst v zgornjem mediolitoralu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%) in drugi, gledano skupno vse lokacije.....	31
Sl. 3.5: Delež najštevilčnejših vrst v spodnjem mediolitoralu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%), gledano skupno vse lokacije.....	31
Sl. 3.6: Delež najštevilčnejših vrst v zgornjem infralitoralu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%), gledano skupno vse lokacije.....	32
Sl. 3.7: Kumulativne krivulje posameznih globinskih pasov.....	35
Sl. 3.8: Krivulje kumulativne dominanc posameznih globinskih pasov.....	36
Sl. 3.9: Število prešteti rakov na vsaki od vzorčnih postaj.....	37
Sl. 3.10: Deleži abundanc posameznih skupin makrozoobentoških rakov prisotnih na posamezni postaji.....	38
Sl. 3.11: Število vrst rakov vzorčenih na posamezni postaji.....	39
Sl. 3.12: Shannon-Wienerjev indeks na posamezni postaji.....	40
Sl. 3.13: Pieloujev diverzitetni indeks enakomerne porazdelitve.....	41
Sl. 4.1: Odnos med Shannon-Wienerjevim indeksom diverzitete in ekološkim statusom vzorčne postaje. Barve označujejo razrede morfoloških sprememb vzorčnih postaj: modra – naravna, zelena – zmerna, rumena – občutna, oranžna – močna, rdeča – zelo močna.....	50
Sl. 4.2: Odnos med vrstno pestrostjo in ekološkim statusom vzorčne postaje. Barve označujejo razrede morfoloških sprememb vzorčnih postaj: modra – naravna, zelena – zmerna, rumena – občutna, oranžna – močna, rdeča – zelo močna.....	51
Sl. 4.3: Shannon-Wienerjev indeks diverzitete na posameznih vzorčnih postajah in globinskih pasovih.....	51

## KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 2.1: Razporeditev vzorčevalnih postaj in pasov po razredih morfološke spremenjenosti obale, na podlagi opazovanj med samimi vzorčenjenji in preliminarnimi rezultati analiz zoobentoške združbe v Tržaškem zalivu.....	14
Pregl. 2.2: Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v zgornjem mediolitoralu vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).....	15
Pregl. 2.3: Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v spodnjem mediolitoralu vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).....	16
Pregl. 2.4: Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v zgornjem infralitoralu vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).....	17
Pregl. 3.1: Favnistični popis taksonov in njihova abundanca. Osebki taksonov, ki so označeni z indet., niso bili določeni do vrste bodisi zaradi juvenilnosti ali zaradi poškodovanosti osebkov med vzorčenjem. Imena avtorjev so povzeta po Riedl, 1983.....	26
Pregl. 3.2: Seznam ugotovljenih rakov vitičnjakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.....	27
Pregl. 3.3: Seznam ugotovljenih enakonožnih rakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.....	28
Pregl. 3.4: Seznam ugotovljenih deseteronožnih rakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.....	29
Pregl. 3.5: Seznam ugotovljenih škarjev z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.....	30
Pregl. 3.6: Podatki za posamezni globinski pas: število osebkov, število vrst, Shannon-Wienerjev indeks (H') in Pieloujev indeks.....	34
Pregl. 4.1: Nahajališča rakov I.....	44
Pregl. 4.2: Nahajališča rakov II.....	45



# 1 UVOD

Diplomsko delo sem opravila v okviru vzorčevanj projekta 'Program opredelitve ekološkega stanja morja v skladu z Vodno Direktivo (2000/60/ES) v letih 2007-2008', ki smo jih izvedli na Morski Biološki Postaji Piran. Vodna direktiva (Water Framework Directive 2006/60/EC) je bila objavljena v Uradnem listu Evropske unije 22. decembra 2000. Dokument, ki na novo postavlja vsesplošni zakonodajni okvir za varstvo evropskih površinskih voda in podtalnice, zavezuje države članice, da do leta 2015 dosežejo dobro stanje voda. Stanje površinskih voda je opredeljeno z ekološkim in kemičnim stanjem. Ekološko stanje zajema kakovost vode in habitatov, torej delovanje vodnih ekosistemov. Klasifikacijski sistem za oceno ekološkega stanja obalnega morja je bil v Sloveniji razvit na podlagi treh bioloških elementov in njihovih lastnosti: sestava, abundanca in biomasa fitoplanktona, sestava in abundanca makrofitskih alg ter sestava in abundanca bentoških nevretenčarjev na mehkem dnu (Lipej in sod., 2007). Te elemente podpirajo morfološki in fizikalno-kemijski elementi, ki prav tako določajo lastnosti obalnega morja.

Trenutno je znanih le malo raziskav, ki so obravnavale povezavo med spremenjenostjo bentoške združbe in morfološko spremenjenostjo obalne črte.

Cilj študije je bil razviti metodologijo za vrednotenje morfološke spremenjenosti obalne črte na podlagi bentoških nevretenčarjev v skladu z zahtevami Vodne direktive. Metodologija vključuje taksonomsko sestavo in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev (Orlando-Bonaca *in sod.*, 2008).

V okviru omenjenega projekta sem popisovala favno nekaterih skupin rakov.

## 1.1 RAKI (CRUSTACEA)

Raki pripadajo členonožcem. Najdemo jih pretežno v vodi, prav tako pa so zasedli dobršno število drugih bivališč. Največ vrst je vezanih na dno voda, tako morja, mlak, rek in jezer. Raki so zasedli veliko večino možnih niš vodnega sveta. Kolikršna je pestrost možnih habitatov, skoraj tolikšna je ekološka raznolikost rakov (Sket *in sod.*, 2003). Najdemo jih v zelo plitvi vodi in v velikih globinah, mnogo jih živi v jamah in podzemnih vodah. V pelagialu jezer, morij in oceanov se nahajo planktonskie vrste in predstavljajo pomemben člen v

prehranjevalni verigi. Druge vrste živijo na dnu, tako na premičnem kot trdnem dnu. Lahko se prosto gibljejo na sedimentu, ali pa kopljejo v mehko dno oziroma živijo v luknjah, pod kamni, ipd. na trdnem dnu (Turk, 2007).

### **1.1.1 Sistematika in splošne značilnosti**

Glede na sistematsko klasifikacijo razred rakov uvrščamo v poddeblo členonožcev (Arthropoda). Telo rakov je členjeno, sestavljeno iz členov glave, oprsja in zadka. Pri nekaterih zajedalskih in sesilnih rakih (Cirripedia) opazimo trend zmanjševanja števila telesnih členov. Trup in glava sta lahko združena v glavoprsje, le tega pa pri mnogih vrstah prekriva izraščajoča kožna guba t.i. koš ali karapaks. Ta guba se lahko preoblikuje v trdno hišico, kot pri rakih vitičnjakih (Turk, 2007).

Spola sta pri večini vrst rakov ločena, izjema so raki vitičnjaki in nekateri parazitski raki, ki so dvospolniki. Pri večini razvoj poteka preko prosto plavajoče ličinke. Larve rakov predstavljajo bistven del živalstva, še posebej v morskem planktonu (Sket *in sod.*, 2003).

Raki, ki smo jih vzorčili, so bili del makrozoobentosa. S tem izrazom označujemo živali, živeče na (epifavna) in v sedimentu (infavna). Bentoški raki so ali sedentarni (prirasli na substrat) ali vagilni (se prosto gibljejo po dnu in zakopavajo v podlago).

### **1.1.2 Biološke značilnosti**

#### **Vitičnjaki (Cirripedia)**

Odrasel stadij preživijo raki vitičnjaki kot sesilni organizmi, lahko pa so zajedavci. Telo vitičnjakov je z glavo priraslo na podlago in obdano s karapaksom. Na vrhu imajo odprtino s pokrovčkom, skozi katero molijo vitičaste noge in ustvarjajo vodni tok, ki jim dovaja kisik in hrano (so suspenziofagi). Raki vitičnjaki so najbolj pogosti v supralitoralnem in mediolitoralnem (bibavičnem) pasu. Preživetje suše jim omogoča tesno zaprta lupina. Vitičnjaki zgornjega dela litorala (supralitoral in zgornji mediolitoral), kjer je izsuševanje pogostejše, imajo bolj plosko lupino, medtem ko so vrste v spodnjem mediolitoralu bolj ali manj stožičastih oblik (Turk, 2007).

Ličinke nezajedavskih vitičnjakov prosto plavajo, pritrjevanje na podlago jim omogoča cementna žleza. Pritrjujejo se na kamnito podlago, lesene podvodnje gradnje, lupine raznih organizmov in ladje (Turk, 2007).

### **Deseteronožci (Decapoda)**

Spoznamo jih predvsem po košu, ki prerašča vse oprsje ter ob bokih prekriva tudi škrge na osnovah nog. So predvsem večje živali, centimeterskih in celo decimeterskih velikosti. Oprsne noge imajo na koncih pogosto škarje ali klešče, ki so posebej izrazite na sprednjem paru. Če so razvite zadkove nožice so viličaste, zadnji par pa je razširjen v veslaste repne nožice, ki skupaj z zadnjično krpo ustvarjajo repno plavut (Sket *in sod.*, 2003).

Večina bentoških deseteronožcev živi na dnu med morskim rastlinjem, kamni, peskom, pod skalnimi previsi ali kopljejo po mehki podlagi. Nekateri izmed njih živijo v simbiozah s spužvami, plaščarji, polži, školjkami ali morskimi vetrnicami. Organizmom, s katerimi so v sožitvenem razmerju, nudijo zaščito pred plenilci ali pa jih imajo pritrjene na oklep in jih prenašajo s seboj ( Sket *in sod.*, 2003).

### **Enakonožci (Isopoda)**

So oblikovno pisana skupina. Za večino je značilno široko in nekoliko plosko telo, brez koša, sedem parov paličastih nog hodilk in listaste zadkove nožice. Glavoprse vključuje le en oprsni kolobar, tako da izgleda kot čisto navadna glava. Zadek je vedno krajši od oprsja, vendar navadno enako širok. Členjenost zadka je velikokrat zabrisana. Spadajo med ekološko najpestrejše skupine rakov. Največ vrst je morskih (Sket *in sod.*, 2003).

Večina rakov enakonožcev, ki jih najdemo v morju, je bentoških. Nekateri enakonožci parazitirajo in sicer na drugih rakih ali na ribah (Turk, 2007).

### **Postranice (Amphipoda)**

Postranice imajo bočno stisnjeno telo, brez koša. Tudi postranice imajo v glavoprse vključen le en oprsni člen, kar daje izgled navadne glave. Škrge so na oprsju ali na oprsni nogah in izgledajo kot lističi. Na zadku imajo šest parov nog (pri nekaterih skupinah pa je zadek skoraj zakrnel). Prvi trije pari so dolge, močne plavalne noge, preostale pa uporabljajo za odiranje.

Daleč največ postranic živi v morju, vendar v velikem številu naseljujejo tudi sladke vode (Sket *in sod.*, 2003). So pomemben člen v prehranjevalnih verigah (Turk, 2007).

### **Kozice vrečarke (Mysidacea)**

Majhni rakci centimetrskih velikosti, ki so nekoliko podobni pravim kozicam. Nežni koš pokriva večji del oprsja, deseteronožcem pa so podobni tudi zaradi značilne repne plavuti. Na oprsju imajo 7 parov viličastih in vitičastih nog, namenjenih plavanju. Mizidi so pretežno morske živali, ki se najraje zadržujejo pod skalnimi previsi ali med rastlinjem in skoraj neprestano plavajo. Ob bregovih se pogosto zadržujejo v velike, goste roje in tako predstavljajo hrano za ribe. Vedenje v rojih je od vrste do vrste različno. (Sket *in sod.*, 2003)

### **Repači (Cumacea)**

Repači so skoraj izključno morske živali. Vrste pri nas merijo le nekaj milimetrov, izjemoma več. Glavoprsje s košem je zelo jajčaste oblike, iz njega pa izrašča dolg tanek zadek. Na zadku je navadno par neveslastih nog. Večinoma živijo na dnu, kjer se hitro vkopavajo v podlago, splavajo le v nočnem času, ko nekateri pridejo celo do površja. Prehranjujejo se bodisi kot filtratorji usedline na površini dna ali pa obžirajo obrast z zrnc peska. (Sket *in sod.*, 2003)

### **Škarjevke (Tanaidacea)**

Predstavljajo majhno skupino nekaj milimetrov dolgih rakov. So valjaste ali rahlo ploske oblike, s kratkim glavoprsjem, daljšim prostim delom oprsja in kratkim skoraj enako širokim zadkom, ter so tako dokaj podobne nekaterim mokricam (Sket *in sod.*, 2003). Značilne so predvsem prednje noge oprsja, ki imajo opazno velike klešče (Sket *in sod.*, 2003). Koš prekriva le 2 člena oprsja, tako da glavoprsje spominja na veliko glavo (Sket *in sod.*, 2003). Živijo skoraj izključno v morju, skrite na dnu, kjer si nekatere gradijo bivališča v obliki cevč (Sket *in sod.*, 2003). Kot maloštevilna skupina so razmeroma nepomembni prebivalci morskega dna (Avčič *in sod.*, 1974; Vrišer, 1978, 1984, 1989, 1991; Fišer, 2004). Nekaj vrst te skupine (*Tanais dulongi* in *Leptochelia savigni*) je tolerantnih na onesnaženost vode, kar je najverjetneje tudi razlog za njuno splošno razširjenost (Fišer, 2004). Prehranjujejo se večinoma z detritom (Sket *in sod.*, 2003).

## **1.2 OBRAVNAVANO OBMOČJE - Tržaški zaliv**

Tržaški zaliv je najsevernejši in najplitvejši del Jadrana (Turk, 2007), pri čemer je severozahodni del zaliva plitvejši od jugovzhodnega. Na območju se kljub nekaterim značilnim lastnostim (zaprtost, plitvost), odraža večina osnovnih fizičnih in bioloških značilnosti severnega Jadrana (Vrščaj, 1976).

### **1.2.1 Geomorfološke značilnosti**

Vzhodna in zahodna obala Jadrana se razlikujeta v sestavi dna in obale. Tako je vzhodna obala pretežno kamnita - v glavnem apnenčasta, razčlenjena in strma. Slovenska obala je v nasprotju z večinskim delom vzhodne obale flišnega izvora, ta je sestavljen iz vzporednih plasti peščenjaka in laporja, ki sta močno dovzetna za erozijo. To je vzrok, da je obala v Slovenskem Primorju strma, zaradi erozije pa se dno polni s flišnimi sedimenti. Celotni Tržaški zaliv je dodatno prekrit z debelimi rečnimi nanosi, kar skupaj z drugimi abiotskimi dejavniki ustvarja posebne življenjske razmere. Zahodna obala je bolj nerazčlenjena, plitvo dno je pokrito s sedimenti. Ker se vzhodna in zahodna obala geomorfološko precej razlikujeta, so se na njih razvile različne življenjske združbe (Turk, 2007).

### **1.2.2 Hidrografske razmere**

Za severni Jadran je značilno gibanje vodne mase v nasprotni smeri urinega kazalca. Glavni delež vodne mase prihaja v zaliv ob Istri v smeri Tržaškega zaliva in prinaša tipično jadranske, oligotrofne vode. Nasprotno pa imajo vode na zahodu Tržaškega zaliva evtrofen značaj. Dvoličnost se kaže v tem, da so vode, ki vstopajo ob Savudrijski obali toplejše, z visoko slanostjo in zelo bistre, kar je v nasprotju z zahodnimi vodami. Takšna razporeditev vodnih mas med drugim pogojuje tudi bioprodukcijske razmere v zalivu in tako bistveno vpliva na razvoj in razporeditev bentoških organizmov (Vrščaj, 1976).

### 1.2.3 Temperaturne razmere

Zaradi severne lege Tržaškega zaliva, njegove plitvosti in relativno majhnega volumna vodnega telesa, ima atmosferska klima močan in hiter vpliv na toplotne vodne razmere (Vrščaj, 1976). V toplen obdobju je značilna termična stratifikacija. Vodno telo Tržaškega zaliva se močno pregreje (temperatura nad termoklino znaša 18-26 °C), vse do pridnenih slojev (12-17 °C). Zaradi omenjenih pogojev je omogočen obstoj večine tipično mediteranske flore in favne (Vrščaj, 1976).

Razpon temperature v Tržaškem zalivu znaša skozi leto v povprečju 6-26°C (Turk, 2007), kar zahteva visoko tolerantnost bentoških združb na tem območju (Vrščaj, 1976).

### 1.2.4 Slanost

Za Tržaški zaliv so značilna nihanja slanosti. Ta so najmočnejša v površinskem sloju, v pridnenem sloju pa bolj umirjena. Najbolj slane so vodne mase v zimskem obdobju in znašajo 37-38 ‰, medtem ko v toplen delu leta znašajo 35-37 ‰. Do znižane slanosti pride tudi ob povečanem dotoku rečnih voda (pozno pomladi) in ob padavinah. Vrednosti lahko takrat močno padejo, tudi do 16 ‰. Vodotok, ki ima največji vpliv na slanost slovenskega dela Tržaškega zaliva je reka Soča (Vrščaj, 1976).

Zaradi že opisane različnosti vodnih mas po lokaliteti, je slanost nekoliko nižja v severo-vzhodnem delu zaliva, najvišja pa je na območju vstopa ob Savudrijski obali (Vrščaj, 1976).

### 1.2.5 Sestava združb

Fital v obalnem morju razdelimo v štiri tipične pasove, ki sledijo terminologiji po Bellan-Santini *in sod.*, 1994 (v UNEP, 1998): pršni pas ali supralitoral, bibavični pas ali mediolitoral, pravi obalni pas ali infralitoral in pas kontinentalne police ali cirkalitoral (Lipej *in sod.*, 2004). Vzorčevali smo na kamnitem mediolitoralu in zgornjem infralitoralu (do 1 m infralitorala). Mediolitoral je pas, ki je omejen z najnižjo oseko in najvišjo plimo. Na vodni nivo poleg

plimovanja vplivajo še vetrovi in zračni pritisk. V zgornjem mediolitoralu je prisotnost vode redkejša in večino časa odvisna od valovanja, medtem ko je spodnji mediolitoral večino časa pod vodo (ob plimi vedno potopljen). Organizmi v tem pasu so prilagojeni na periodično menjavanje emerzije in imerzije (Lipej *in sod.*, 2004).

V zgornjem mediolitoralu najdemo kar nekaj vrst alg, ki ustvarjajo 'gozdičke', kot npr. jadranski bračič (*Fucus virsoides*). Pogosta je tudi rdeča alga *Catenella opuntia*. V onesnaženih vodah prevladujeta zeleni algi *Enteromorpha compressa* in *Ulva lactuca* (morska solata), ki velikokrat izpodrineta druge vrste alg. Vrstna sestava in razporeditev alg pa sta v mediolitoralu odvisni tudi od letnega časa (Turk, 2007).

Značilne rastlinske vrste spodnjega mediolitorala so predvsem nekatere alge iz rodov *Litophyllum* in *Lithothamnion*. Značilen je tudi že omenjeni jadranski bračič, ki uspeva v nekoliko manj slani vodi. Modrozeleno cepljivko *Rivularia atra* prepoznamo kot majhne črnikaste krogljice in je tu prav tako pogosta. Nekateri predeli so popolnoma preraščeni z klapavicami (*Mytilus galloprovincialis*), zlasti na bolj onesnaženih predelih in tu označujejo zgornji rob infralitoralnega pasu. Na najnižjih predelih spodnjega mediolitorala, ki so neonesnaženi, uspeva rjava alga *Cystoseira* sp. (Turk, 2007).

Infralitoralni pas ni več neposredno izpostavljen vplivom kopnega. Pravimo mu lahko tudi pravi potopljeni pas, ki sega v globine, kjer je še prisoten 1% vpadne svetlobe in sovпада z mejo, kjer še uspevajo morske cvetnice in zelene alge (Lipej *in sod.*, 2004). Tu živijo pravi morski organizmi, ki ne morejo na kopnem preživeti niti krajših obdobij. Ločimo več biocenoz trdnega dna infalitoralnega pasu. Najbolj značilna je biocenoza fotofilnih alg. To so gosta rastišča alg, ki dajejo zavetje mnogim živalim, služijo pa tudi kot podlaga za pritrjanje epibiontov. Razne vrste alg iz rodu *Cystoseira* ustvarjajo podvodne gozdičke, ki omogočajo naselitev organizmov (zlasti spužev in mahovnjakov), ki ne prenesejo prevelike osvetljenosti in se naselijo na spodnji del steljk alg. Gozdički rjavih alg iz rodu *Cystoseira* so zlasti bujni v območjih s čisto vodo, v delno in močno onesnaženi pa je biocenoza fotofilnih alg siromašna (Turk, 2007).

Dejavniki, ki najbolj vplivajo na raznoliko navpično razporeditev organizmov po pasovih, sta kompeticija za hrano in prostor, ter zmožnost vrste za preživetje v obremenjivih okoljih (Barnes

& Hughes, 1990). Pomembni so tudi plenilci, ki z plenjenjem poskrbijo za to, da se določene vrste ne bi preveč namnožile. Za pritrjene živali npr. velja, da bi dominantni kompetitor izključil druge ob odsotnosti plenilcev in drugih motenj (Paine, 1984). Tako imajo plenilci pomembno vlogo pri ohranjanju vrstne pestrosti (Barnes & Hughes, 1990). Živali pa lahko tekmujejo za prostor tudi z rastlinami (sesilne živali in alge). V takih primerih igrajo pomembno vlogo pašne živali, ki s svojo aktivnostjo preprečujejo dominantnost alg (Barnes & Hughes, 1990).

Strukture združb so torej odraz interakcij med živimi sistemi in njihovega odnosa do neživega okolja in sestavljajo kompleksno mrežo. Te povezave so zelo občutljive, saj navadno kakršnekoli spremembe v razmerjih privedejo do znižanja biodiverzitete (Barnes & Hughes, 1990).

### 1.3 DOSEDANJE PODOBNE RAZISKAVE V JADRANU

O razširjenosti bentoških rakov obalnega pasu je bilo pri nas opravljenih le malo raziskav. V preteklem stoletju se je z morskimi raki obširneje ukvarjal E. Graeffe (1902). Večina objav na slovenski obali je bila v sklopu popisa in vrednotenja celotnih nevretenčarskih združb (Matjašič *in sod.*, 1975; Vrščaj, 1976; Zavodnik & Kovačić, 2000). Drugi so se pri raziskavah osredotočili na določene skupine rakov.

Iz Jadranskega morja je poznanih le okoli 20 vrst vitičnjakov (Cirripedia) (dejansko število je verjetno večje), medtem ko je na svetu doslej znanih približno 800 vrst (Sket *in sod.*, 2003). V zgodnejših delih vitičnjake med drugimi omenjajo tudi Matisz (1899), Kolosváry (1947, 1951), Zavodnik *in sod.* (1978, 1981), Zavodnik & Zavodnik (1994) in Zavodnik (1997). Z razširjenostjo in strukturo združb vitičnjakov sta se ukvarjala Battelli in Dolenc-Orbanić (2009). Osredotočila sta se le na vrste iz družine Chthamalidae.

Raki deseteronožci (Decapoda) so vrstno najbogateje zastopana skupina rakov v Jadranu. V Tržaškem zalivu so predmet raziskav že več kot stoletje, medtem ko kvarnersko regijo temeljito preiskujejo že skoraj 150 let (Števcic, 1997). Vzrok za dobro raziskanost kvarnerske regije je poleg popisovanja vrst in njihove razširjenosti ter ekološkega pomena, tudi osredotočenost na ekonomsko pomembne vrste (Števcic, 1997). Eden zgodnejših raziskovalcev te taksonomske skupine je bil P. Pius Titius, ki je zbiral material v Piranskem zalivu in ob obalah Istre. Sam



nikoli ni objavil rezultatov svojih zbirk, le nekaj njegovega dela je zabeležil Heller (1863). Nadalje so rake deseteronožce raziskovali Stalio (1877), Stossich (1880), Graeffe (1902) in Pesta (1918) (Manning & Števcic, 1982).

V Jadranu živi približno 150 vrst deseteronožcev, od teh naj bi ob začetku 20. st. po Graeffeju (1902) približno polovica naseljevala Tržaški zaliv. Glede na druge vire je v Jadranu zabeleženih skupaj 220 vrst deseteronožnih rakov (Števcic, 1997). Manning in Števcic (1982) omenjata, da naj bi kot rezultat zgodnejših raziskovanj, Piranski zaliv naseljevalo celo več kot 90 vrst deseteronožcev. Vendar je možno, da je v starejših raziskavah prišlo do napak pri določevanju, saj je za nekatere vrste, ki so bile identificirane v severnem Jadranu, sedaj znano, da živijo v habitatih, ki jih v tem območju ni (Manning & Števcic, 1982). Prav tako omenja Števcic (1997), da prihaja do napak pri vrednotenju zgodnejših raziskav, saj so nekatere vrste označene z imeni, ki danes niso več v uporabi in tako ni vedno zanesljivo za katero vrsto gre. Manning in Števcic (1982) sta v Piranskem zalivu zabeležila 75 vrst, od katerih je bilo kar 17 na novo odkritih vrst za to območje.

O prisotnosti enakonožcev (Isopoda) imamo v Jadranu le blede predstavo (Sket *in sod.*, 2003). Graeffe (1902) za Tržaški zaliv navaja okoli 30 vrst (Sket *in sod.*, 2003), kasnejši podatki pa so bolj skopi. Po Sketu *in sod.* (2003) je tudi današnja sestava povsem drugačna od tiste, ki jo navaja Graeffe (1902).

Škarjevke (Tanaidacea) so maloštevilna skupina. V Jadranu je znanih 11 vrst (Riggio, 1996), medtem ko so v celotnem Sredozemlju zabeležili 52 vrst (Bird, 2001). V zgodnejših raziskavah iz leta 1902 je Graeffe za Tržaški zaliv zabeležil 4 vrste. Kasnejše študije v slovenskem morju (Avčin *in sod.*, 1974, Vrišer 1978, 1984, 1989, 1991) pa navajajo le tri vrste. Novejši podatki študije Severnega Jadrana so skopi (Fišer, 2004). Med leti 2001 in 2004 je Fišer (2004) vzdolž slovenske obale zabeležil štiri vrste škarjevok.

Iz Jadrana je znano okoli 10 vrst repačev (Cumacea), vse najdbe so znane le iz Tržaškega zaliva, ki jih je vzorčil Graeffe (1902) (Sket *in sod.*, 2003). Večinoma živijo na peščenem dnu (Sket *in sod.*, 2003).

Z mizidi (Mysidacea) se je v Jadranu ukvarjal Wittmann (1977). Za celotni Jadran omenja 44 vrst, za slovensko morje pa kar 23 vrst. Po vsem Sredozemlju so pogoste zlasti vrste iz rodu *Diamysis* in vrsta *Paramysis helleri*, ki se nahajajo zlasti med obrežnim rastlinjem, zahajajo pa tudi do somornice in v sladko vodo (Sket *in sod.*, 2003).

Kar se tiče postranic (Amphipoda) je Jadran zelo nepopolno raziskan, kljub temu je znanih okoli 100 vrst. Za Tržaški zaliv je Graeffe (1902) ob začetku 20 stoletja navedel 50 vrst, vendar se je zaradi današnjih razmer struktura verjetno spremenila (Sket *in sod*, 2003). Dandanes primanjkuje strokovnjakov, ki bi se ukvarjali s to skupino.

## 1.4 NAMEN DELA

Živalstvo Tržaškega zaliva je še vedno nepopolno raziskano. To velja tudi za različne vrste rakov (Crustacea) kot so raki deseteronožci (Decapoda), raki enakonožci (Isopoda), postranice (Amphipoda), škarjevke (Tanaidaceae) in raki vitičnjaki (Cirripedia). Glede na dejstvo, da je Slovenija kot članica Evropske unije zavezana, da uresničuje njene direktive in strategije (Vodna direktiva, Morska strategija), nudijo raziskave favne rakov dobro osnovo za zahtevane opredelitve ekološkega stanja. Še posebej so zanimive tovrstne raziskave v mediolitoralu in zgornjem infralitoralu, kjer je vpliv antropogenih dejavnikov s kopnega najbolj izrazit.

Cilji moje naloge so bili:

- kvalitativna in kvantitativna analiza favne različnih skupin rakov v izbranih pasovih,
- povezava dominantnih vrst z abiotskimi in biotskimi dejavniki,
- opredelitev indikatorskih vrst za posamezne habitatne in mikrohabitatne tipe v izbranih pasovih.

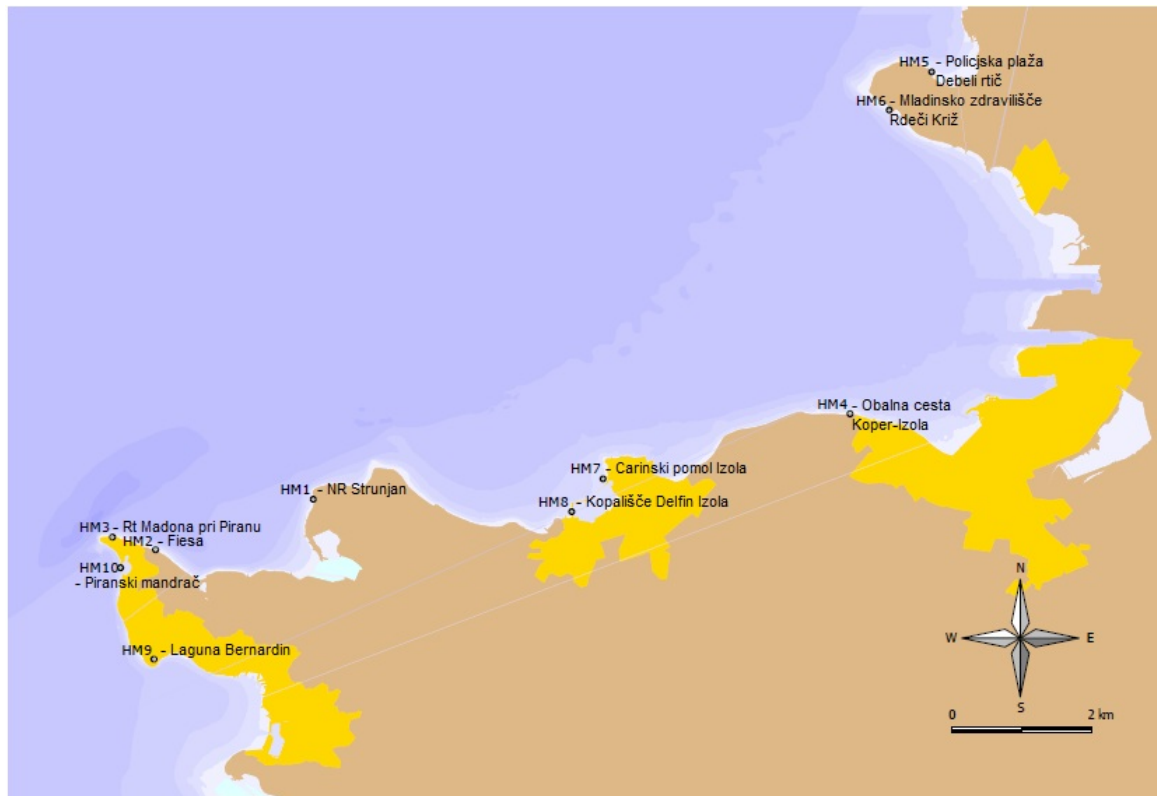
## 2 MATERIALI IN METODE

### 2.1 VZORČEVANJE

Vzorčevanje smo opravili v Tržaškem zalivu, na desetih postajah vzdolž slovenske obale (slika 2.1). Na vsaki od vzorčnih postaj smo pobrali 15 vzorcev, 5 v zgornjem mediolitoralu, 5 v spodnjem mediolitoralu in 5 v zgornjem infralitoralu. Vseh pobranih vzorcev skupaj je bilo tako 150. Pet paralelnih vzorcev posameznega pasu (na vsaki postaji) smo vzeli v razponu 10 m razdalje.

Meje med pasovi smo določili na podlagi značilnih sesilnih organizmov (Peres & Gamulin Brida, 1973; Bellan-Santini in *sod.*, 2002). Za zgornji mediolitoral so značilne vrste iz družine Chthamalidae, spodnji mediolitoral pa vrste z družine Balanidae. Zgornji infralitoral smo vzorčevali do 1 m globine pod spodnjo mejo mediolitorala.

Vzorčili smo ob koncu pomladi pred pričetkom kopalne sezone, v juniju 2008. Kopalna sezona bi lahko motila tako vzorčenja kot sam razvoj bentoške združbe na nekaterih od izbranih odsekov obale. Nekatera vzorčenja so potekala v jutranjih, druga v popoldanskih urah, odvisno od plimovanja. Pomembno je bilo, da je vzorčenje potekalo vedno ob plimi, saj smo lahko tako vzorčili tudi vagilne organizme mediolitorala, ki se sicer ob oseki umaknejo. Posebej je to pomembno za aktivnejše vrste rakov (Decapoda, Isopoda, Amphipoda).



**Slika 2.1:** Zemljevid Tržaškega zaliva z označenimi vzorčevanimi postajami, na katerih so bila opravljena vzorčenja bentoških združb v letu 2008.

Moje delo je potekalo v okviru projekta postavitve metodologije za vrednotenje vpliva morfoloških sprememb obale v slovenskem obalnem morju, tako da so bile postaje izbrane glede na predvideno morfološko obremenitev (preglednica 2.1). Strokovnjaki Morske biološke postaje so na podlagi več kriterijev (prisotnosti proda, pomolov, sten, privezov in spremenjenosti plaže skupaj z preliminarnimi rezultati analiz zoobentoške združbe) s pomočjo NMS (nemetrično multidimenzionalno skaliranje) analiz, ovrednotili stanje obale. Spremenjenosti obale so označili z : naravno stanje, zmerna, občutna, močna in zelo močna spremenjenost obale (Orlando-Bonaca *in sod.*, 2008).

Referenčni postaji sta bili Naravni rezervat Strunjan (HM1) in vzorčevalna postaja pod piranskim obzidjem (HM2). Za obe referenčni postaji je značilna prodnata obala z rahlim naklonom. Predvladujejo večji in manjši flišni kamni, manj je kamenčkov. Na vzorčni postaji pod piranskim obzidjem (HM2) se poleg naštetega nahajajo tudi večji skalni bloki peščenjaka (velikosti >2 m), ki so tudi del flišnih skladov.

Infralitoral vzorčne postaje Rt Madona pri Piranu (HM3) in vzorčne postaje ob obalni cesti Koper-Izola (HM4) in vsi pasovi vzorčne postaje ob policijski plaži Debeli rtič (HM5) so bili opredeljeni kot zmerno spremenjena obala oziroma obala z dobrim ekološkim stanjem (Orlando-Bonaca *in sod.*, 2008). Na vseh treh vzorčnih postajah so bile v infralitoralno prisotne le manjše apnenčaste skale (0,5-1 m). Obala vzorčne postaje pri policijski plaži Debeli Rtič (HM5) je bila glede na prisotnost anorganskega substrata najbolj raznolika od vseh postaj. V mediolitoralno je bila namreč poleg apnenčastih skal prisotna betonska stena (pri 2 od 5 vzorčenj), večji (10-50 cm) in manjši kamni (2-10 cm), ter kamenčki. Postaja leži v zalivu, tako da je zadrževanje vode višje kot pri prvih dveh (HM3 in HM4).

Mediolitoralno vzorčnih mest HM3 in HM4 je bil naknadno opredeljen kot obala z občutno morfološko spremenjenostjo (Orlando-Bonaca *in sod.*, 2008). Poleg manjših apnenčastih skal so bili v mediolitoralno zabeleženi tudi večji apnenčasti skalni bloki, ki so bili antropogeno vnešeni kot valobran. Obe vzorčni postaji sta namreč izpostavljeni valovanju, tako da valobran predstavlja zaščito za cesto in druge infrastrukture.

Poleg predhodnih dveh vzorčnih postaj, sta bili v razred občutno morfološko spremenjene obale uvrščeni tudi postaja pri Mladinskem zdravilišču Rdeči Križ (Mladinsko zdravilišče in letovišče Debeli Rtič) (HM6) in kopališče Delfin Izola (HM8). Na drugi vzorčni postaji (HM8) so bile v mediolitoralno v celoti prisotne le večje apnenčaste skale, medtem ko so bili v zgornjem in

spodnjem mediolitoralu prve postaje (HM6) prisotni betonska stena in večje apnenčaste skale. V infralitoralu obeh postaj pa so bile le manjše skale ( $>0,5$  m).

Kot obala z močno hidromorfološko spremenjenostjo je bila ocenjena vzorčna postaja ob carinskem pomolu Izola (HM7). Vertikalno, vključno z infralitoralom, sestoji iz betonske stene pomola.

Zadnji dve vzorčni postaji sta bili opredeljeni kot postaji z zelo močno morfološko spremenjenostjo obale in slabim ekološkim stanjem. Tako kot Laguna Bernardin (HM9) je tudi piranski mandrač (HM10) majhno pristanišče s privezi za plovila. Ob celotni obali je prisotna vertikalna betonska stena. Kot pristanišči sta zaščiteni pred vetrom in valovi ter imata tako v primerjavi z drugimi vzorčnimi postajami najvišjo zadrževalno kapaciteto vode.

Vsi abiotski dejavniki, ki veljajo za pomembne pri vzorčenju na posameznem pasu in postaji, so prikazani v preglednicah 2.2-2.4. Poleg abiotskih dejavnikov so za makrozoobentos in s tem tudi združbo rakov pomembni tudi biotski dejavniki. Kot enega glavnih biotskih dejavnikov smo v naši raziskavi obravnavali makroalge. Pri opisu algalnih značilnosti smo upoštevali vrstno sestavo in pokrovnost (preglednice 2.2-2.4).

**Preglednica 2.1:** *Razporeditev vzorčevalnih postaj in pasov po razredih morfološke spremenjenosti obale, na podlagi opazovanj med samimi vzorčenji in preliminarnimi rezultati analiz zoobentoške združbe v Tržaškem zalivu.*

Koda	HM1	HM2	HM5	HM3	HM4
Lokacija	NR Strunjan	Pod PI obzidjem	Pol. plaža Debeli rtič	Rt Madona	Obalna cesta KP-IZ
Spremenjenost obale:					
Zgornji mediolitoral	Naravna	Naravna	Zmerna	Občutna	Občutna
Spodnji mediolitoral	Naravna	Naravna	Zmerna	Občutna	Občutna
Zgornji infralitoral	Naravna	Naravna	Zmerna	Zmerna	Zmerna

Koda	HM6	HM8	HM7	HM9	HM10
Lokacija	Ml. zdravilišče RK	Valobran marine IZ	Carinski pomol IZ	Laguna Bernardin	Piranski mandrač
Spremenjenost obale:					
Zgornji mediolitoral	Občutna	Občutna	Močna	Zelo močna	Zelo močna
Spodnji mediolitoral	Občutna	Občutna	Močna	Zelo močna	Zelo močna
Zgornji infralitoral	Občutna	Občutna	Močna	Zelo močna	Zelo močna

**Preglednica 2.2: Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v zgornjem mediolitoralu vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).**

Vzorčevalne postaje Anorganski substrat	HM1					HM2					HM3					HM4					HM5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
stena beton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
skale > 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	0	
skale 1 – 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	100	100	0	100	0	0	100	100	
skale 0,50 – 1 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
skale > 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
skale 1 – 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
skale 0,50 – 1 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
kamni 10 – 50 cm	21	58	91	48	85	78	87	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	
kamni 2 – 10 cm	66	31	3	42	15	14	8	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	
kamenčki 0,2 – 2 cm	13	11	6	10	0	8	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
pesek 0,05 – 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
zadrževanje vode	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
strukturiranost površine	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	5	1	1	1
HM spremenjenost razred	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Skupna pokrovnost alg (%)	0	0	3,5	0	0	0,5	0	0	0	9	1	9,5	1	1	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0
Pokrovnost alg ESG I (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pokrovnost alg ESG II (%)	0	0	3,5	0	0	0,5	0	0	0	9	1	7,5	1	1	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0

Vzorčevalne postaje Anorganski substrat	HM6					HM7					HM8					HM9					HM10				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
stena beton	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
skale > 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m apnenec	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 0,50 – 1 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale > 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 0,50 – 1 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamni 10 – 50 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamni 2 – 10 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamenčki 0,2 – 2 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pesek 0,05 – 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zadrževanje vode	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
strukturiranost površine	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HM spremenjenost razred	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Skupna pokrovnost alg (%)	0	0	1	6	0	0,5	7	10	13	16	4	1,5	7,5	8	7	4	3	10	2	6	7	9	10	5	7
Pokrovnost alg ESG I (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pokrovnost alg ESG II (%)	0	0	1	6	0	0,5	7	10	13	16	4	1,5	7	8	7	4	3	10	2	6	7	9	10	5	7



**Preglednica 2.3: Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v spodnjem mediolitoralu vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).**

Vzorčevalne postaje	HM1					HM2					HM3					HM4					HM5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Anorganski substrat</b>																									
stena beton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
skale > 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	100	0	100	100	0	0	100	0	0
skale 0,50 – 1 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale > 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
skale 0,50 – 1 m peščenjak	0	0	0	0	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamni 10 – 50 cm	100	58	100	29	0	23	0	0	43	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	88	0
kamni 2 – 10 cm	0	34	0	36	0	63	0	0	36	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	4	0
kamenčki 0,2 – 2 cm	0	8	0	35	0	14	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
pesek 0,05 – 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
<b>zadrževanje vode</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
strukturiranost površine	1	5	1	5	2	5	2	1	5	5	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	4	5	2	5	1
HM spremenjenost_razred	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Skupna pokrovnost alg (%)	24	5	37,5	21	8	31,5	4	57	60	10	19	52	5	54	11	142	127	82	9,5	69	49	120	11,5	72,5	4
Pokrovnost alg ESG I (%)	0	5	2	13	0	31	4	10	0	7	0	0	2	2	11	66	86	30	9	69	0	49	0	3	0
Pokrovnost alg ESG II (%)	24	0	35,5	8	8	0,5	0	47	60	3	19	52	3	52	0	76	41	52	0,5	0	49	71	11,5	69,5	4

Vzorčevalne postaje	HM6					HM7					HM8					HM9					HM10				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Anorganski substrat</b>																									
stena beton	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
skale > 2 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m apnenec	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 0,50 – 1 m apnenec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale > 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 1 – 2 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
skale 0,50 – 1 m peščenjak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamni 10 – 50 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamni 2 – 10 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kamenčki 0,2 – 2 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pesek 0,05 – 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>zadrževanje vode</b>	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
strukturiranost površine	3	3	2	4	2	1	1	3	2	2	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
HM spremenjenost_razred	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Skupna pokrovnost alg (%)	17	112	14	12	17	13	35	21	13	34	12	5	10	8	4	10	41,5	10	15	10	11,5	33,5	21	4	6
Pokrovnost alg ESG I (%)	9	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	25	7	0	0	1	21,5	7	0	0
Pokrovnost alg ESG II (%)	8	51	14	12	17	13	35	21	13	34	12	5	8	8	4	10	16,5	3	15	10	10,5	12	14	4	6

**Preglednica 2.4:** *Abiotski dejavniki in pokrovnost makroalg v zgornjem infralitoralno vzorčevalnih postaj Tržaškega zaliva (številke predstavljajo odstotke pokrovnosti).*

Vzorčevalne postaje	HM1					HM2					HM3					HM4					HM5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Anorganski substrat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
betonska stena skale > 0,5 m	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
zadrževanje vode	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
strukturiranost površine	2	2	1	2	3	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	1	1	2	2	3
HM spremenjenost_razred	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Skupna pokrovnost alg (%)	105	103	99	83	60	91	113	22	27	39	80	97	102	96	41	97	54	103	33	48	33,5	20	38,5	32,5	31
Pokrovnost alg ESG I (%)	96	100	94	83	58	86	90	5	17	16	79	97	102	96	39	46	48	85	11	24	23	1,5	32,5	20	12
Pokrovnost alg ESG II (%)	9	3	5	0	2	5	23	17	10	23	1	0	0	0	2	51	6	18	22	24	10,5	18,5	6	12,5	19

Vzorčevalne postaje	HM6					HM7					HM8					HM9					HM10				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Anorganski substrat	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
betonska stena skale > 0,5 m	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zadrževanje vode	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
strukturiranost površine	2	2	1	2	3	2	4	4	4	4	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
HM spremenjenost_razred	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Skupna pokrovnost alg (%)	100	140	110	185	157	49,5	110	63	128	78	108	62	106	69	85	26	109	42	77	85	15,5	73	47	64	80
Pokrovnost alg ESG I (%)	0	20	2	15	2	5,5	40	4	4	0	65	39	64	41	49	4	28	1	0	29	3	71	44	64	79
Pokrovnost alg ESG II (%)	100	120	108	170	155	44	70	59	124	78	43	23	42	28	36	22	81	41	77	56	12,5	2	3	0	1

### 2.1.1 Oprema za vzorčenje

Pri vzorčevanju smo uporabljali naslednjo opremo:

- okvir 20 X 20 cm;
- sorbona (zračna črpalka);
- zidarska lopatica;
- geološko kladivo;
- najlonske vrečke ali damske najlonske nogavice;
- prozorne plastične vrečke;
- mrežice (mrežno oko 0,5 mm);
- posode za vzorce;
- paus papir;
- nalepke;
- svinčnik;
- formaldehid ali 96% etanol;
- potapljaška oprema;
- podvodni fotoaparati;
- GPS.

### 2.1.2 Vzorčevalna metoda

Metode vzorčenja se glede na horizontalne pasove razlikujejo. Pri vseh pasovih pa velja, da ob postavitvi vzorčnega okvirja (20 x 20 cm) najprej fotografiramo notranjost okvirja. Če je pokrovnost biološkega materiala zanemarljiva oz. nizka, ocenimo delež pokrovnosti anorganskega materiala (pred premikanjem kamnov). V primeru, da je na podlagi pesek, ga vzorčimo le 1 cm globoko.

V mediolitoralu smo vzorčevali z metodo kvadrata. Okvir velikosti 20 x 20 cm (400 cm<sup>2</sup>) velja za minimalno vzorčevalno površino za sredozemske združbe (Bellan-Santini, 1969; Montesanto & Panayotidis, 2001). Na kvadratni okvir je pritrjena gosta mrežica. Pri vzorčenju

zgornjega materiala smo uporabili opremo za potapljanje na dah, za vzorčenje spodnjega mediolitorala pa potapljaško (SCUBA) opremo.

Po tem, ko postavimo okvir na površino in fotografiramo notranjost, z zidarsko lopatico in geološkim kladivom s površine odstranimo ves organski material. Tega ujamemo v gosto mrežico. Ob tem dodatno z rokami usmerjamo tok v mrežico in tako zagotovimo minimalno izgubo materiala.

Podobno kot v mediolitoralu tudi v infralitoralu uporabimo metodo kvadrata, le da uporabimo kvadrat 20 x 20 brez pritrjene mrežice. Pri vzorčenju uporabljamo potapljaško opremo. Po tem, ko postavimo okvir in fotografiramo, s sorbono oz. zračno črpalko posesamo vse vagilne živali znotraj okvirja. Z zidarsko lopatico nato s podlage odstrgamo še vse sesilne živali in ponovno posesamo s zračno črpalko. Odstranjeni material ujamemo v najlonsko mrežico, ki je pritrjena na koncu cevi zračne črpalke. Po koncu vzorčenja s cevi odstranimo najlonsko mrežico, jo zavežemo in spravimo v plastično vrečko. Po vzorčenju ponovno fotografiramo stanje znotraj okvirja. Pri vzorcih, ki so imeli visoko pokrovnost pred vzorčenjem, ovrednotimo še delež pokrovnosti anorganskega substrata po vzorčenju (vsota vseh deležev mora biti enaka 100%). Deleže pokrovnosti, izračunane na terenu, dodatno preverimo in popravimo z analizo fotografskih posnetkov v laboratoriju.

Nabrane vzorce prinesemo do raziskovalnega plovila za nadaljno obdelavo. Vzorečen organski material shranimo v steklenih kozarcih in jih konzerviramo v formalinu (4% končna koncentracija) ali v 96% etanolu (končna koncentracija 70%) ter ustrezno označimo. Večje dele substrata (skale, kamni, les, ipd.) že na mestu odstranimo in jih vrnemo v morje. Kamenčke shranimo v steklenih kozarcih skupaj z organskim materialom za nadaljni pregled v laboratoriju. Manjše in krhke živali, ki bi se lahko pri shranjevanju poškodovale, shranimo v ločeno posodo ali vrečko. Večje živali, ki jih lahko določimo, popišemo in vrnemo nazaj v naravno okolje.

## **2.2 Laboratorijsko delo**

V laboratorijih Morske biološke postaje (in delno v laboratorijih Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete - na Katedri za zoologijo) smo iz konzerviranih vzorcev skozi 1 mm sito sprali konzervirno sredstvo (75% raztopina etanola). Vsebino smo razprostrli po banjicah in jo

med pregledovanjem hranili v vodi. Osredotočili smo se na prebiranje makrozoobentoških združb, makrofite (alge in cvetnice) pa smo ponovno shranili v konzervirnem sredstvu za nadaljno analizo. Iz posameznega vzorca smo razvrstili organizme v širše taksonomske skupine (Bryozoa, Crustacea, Echinodermata, Mollusca, Polychaeta), jih ponovno konzervirali v raztopini 70% etanola in ustrezno označili. Upoštevali smo le živali, za katere smo bili prepričani, da so bili v času vzorčenja žive, druge smo zavrgli.

Pri nalogi sem se nadalje osredotočila le na rake. Vsako žival sem s pomočjo binokularne lupe uvrstila v nižje taksonomske skupine: Amphipoda, Cirripedia, Cumacea, Decapoda, Isopoda, Mysidacea, Tanaidacea. Pri tem so me usmerjali strokovnjaki, za pomoč pa sem uporabljala tudi določevalne ključe. Strokovnjaki, iz Morske biološke postaje, so nato vsako žival uvrstili v najnižjo možno taksonomsko kategorijo, z uporabo binokularne lupe, mikroskopa in določevalnih ključev: Battelli in Dolenc-Orbanić (2009) za Cirripedia; Naylor (1972) in Harrison & Ellis (1991) za Isopoda; Falciai & Minervini (1992) za skupino Decapoda in Hayward & Ryland (1995) za druge rake. Vitičnjake sta določevala Martina Orlando-Bonaca in Žiga Dobrajc, enakonožče, deseteronožče, škarjevke, mizide in repače pa Borut Mavrič. Nekatere živali so bile določene le do rodu, družine ali celo višje taksonomske skupine, saj je bilo zaradi številnih juvenilnih in poškodovanih osebkov (poškodovali so se ob vzorčenju) nemogoče določiti vrsto. Postranic nismo določili, saj je njihova taksonomija zahtevna, obenem pa v Sloveniji in Italiji primanjkuje specialistov za določevanje morskih postranic. Prešteli smo le njihovo skupno število.

## 2.3 Analiza podatkov

### 2.3.1 Izračun frekvence pojavljanja

Za strukturo združb je značilna tudi prisotnost vrst v vzorcih izbrane združbe na istem vzorčnem mestu in vzorcev iz združb istega tipa, a iz različnih postaj.

Stanovitnost (ali prezentnost) nam pove v koliko krajevno ločenih vzorcih istega sestaja se vrsta pojavlja, ne glede na njeno številčnost v posameznem vzorcu. Visok odstotek pove, da je vrsta redna sestavina izbrane združbe (Tarman, 1992). Izračun frekvence:

$$V = v_i/v * 100$$

$v_i$  – vzorci v katerih se vrsta pojavlja

$v$  – vsi vzorci

Vrste so bile opredeljene po Tarmanu (1992): redka vrsta (pojavlja se v 1-25% lokalitet), vrsta je razširjena (pojavlja se v 25-50% lokalitet), vrsta je pogosta (pojavlja se pri 50-75% lokalitet), vrsta je zelo pogosta (pojavlja se v 75-100% lokalitet).

### 2.3.2 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks ( $H'$ )

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks je eden od najpogosteje uporabljenih indeksov v ekologiji:

$$H' = -\sum (p_i * \ln p_i)$$

Pri čemer je  $p_i$  delež posameznikov, ki pripadajo  $i$ -ti vrsti (Shannon & Weaver, 1949).

Indeks uporabljamo pri naključnem vzorčenju, kjer poimenujemo organizme do vrst. Njegova prednost je, da pri vrednotenju diverzitete upošteva tako število vrst najdenih na vzorčni postaji, kot tudi abundančni odstotek, ki ga vrsta zaseda v združbi.

Vrednosti indeksa so lahko od 0 do 4,5, pri čemer nižje vrednosti pomenijo dominanco določenih vrst v vzorcu, višja vrednost  $H'$  pa nakazuje številčno bolj enakomerno zastopanost vrst. Poleg enakomernejše zastopanosti indeks nakazuje na prisotnost edinstvene vrste, ki na drugih postajah ni prisotna. Minimalna vrednost indeksa je  $H'_{\min} = 0$ , ko je v vzorcu prisotna le ena vrsta, maksimalno vrednost  $H'_{\max} = \log_2 * S$  pa indeks doseže, ko so vse vrste v vzorcu enakomerno zastopane. Ker uporabimo logaritemsko funkcijo, vrednosti niso skoraj nikoli višje od 4,5 (Tarman, 1992).

### 2.3.3 Pieloujev stalnostni indeks $J'$

Pieloujev diverzitetni indeks  $J'$  govori o stalnosti vrst. Z njim ocenjujemo, kako enakomerno so vrste zastopane na vzorčni postaji. Številčno zastopanost osebkov posameznih vrst nam opiše enačba:

$$J' = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

Pri tem je  $S$  skupno število vrst na postaji,  $H'$  število, ki ga dobimo z izračunom Shannon-Wienerjevega indeksa,  $H'_{\max} = \ln S$  pa je maksimalna vrednost  $H'$ . Indeks lahko dosega vrednosti od 0 ( $J'_{\min}$ ) do 1 ( $J'_{\max}$ ), pri čemer pomeni večja vrednost  $J'$  večjo abundančno podobnost med vrstami združbe.

### 2.3.4 Kumulativna dominanca

Da bi bolje razumeli strukturo makrozoobentoških rakov in da bi jih med posameznimi pasovi lažje primerjali, smo uporabili grafično distribucijsko metodo, ki so jo razvili Lamshead *in sod.* (1983). S pomočjo računalniškega programa PRIMER 6.1.5. smo izrisali krivulje kumulativne dominace, na katerih so medsebojno primerjane relativne abundance vrst posamezne združbe. Krivulje so prikazane na dvodimenzionalnem grafu, kjer si na logaritemski skali X osi sledijo vrste z upadajočo abundanco, na Y osi pa odstotki kumulativne abundance (Lamshead *in sod.*, 1983).

Krivulja k-dominance pokaže, kakšna je struktura združbe, koliko vrst je dominantnih in koliko je vrst z manj predstavniki. Iz krivulje je tako tudi razvidno, kako homogena ali

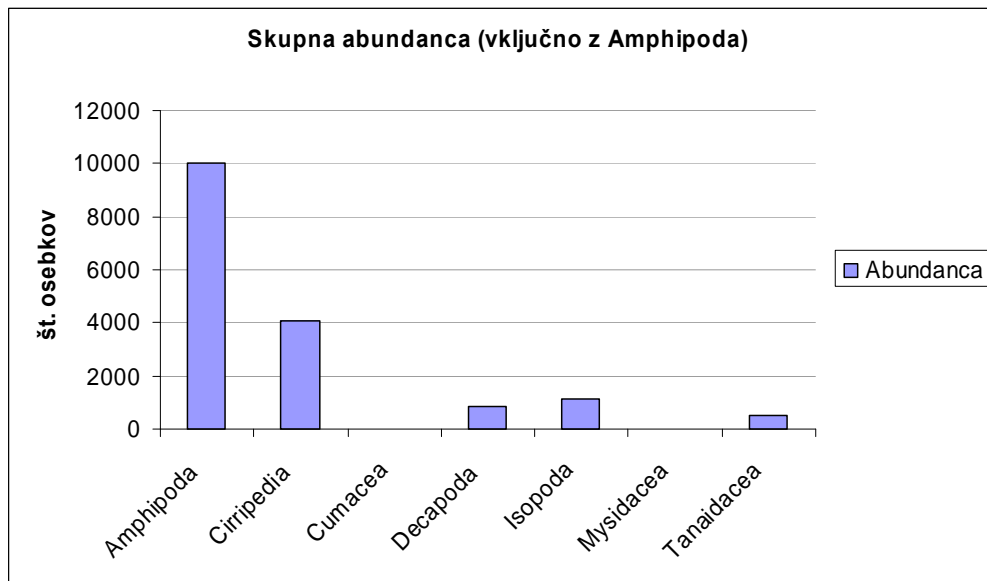
heterogena je združba. Če krivulja doseže asimptoto hitro, pomeni da so nekatere vrste v združbi dominantne, kar pomeni bolj heterogeno združbo z manjšo diverziteto. V primeru, ko krivulja dosega asimptoto počasneje, pa imamo opravka z združbo, v kateri so abundance vrst bolj homogene, kar kaže na večjo biodiverziteto (Clarke & Warwick, 1994).



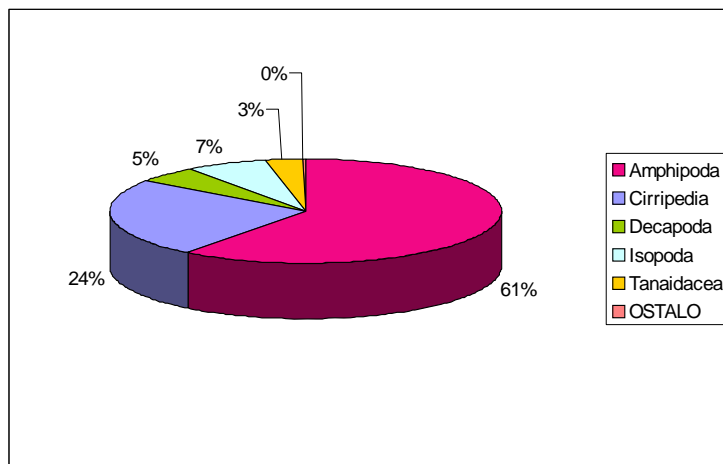
## **3 REZULTATI**

### **3.1 SPLOŠNI PREGLED FAVNE**

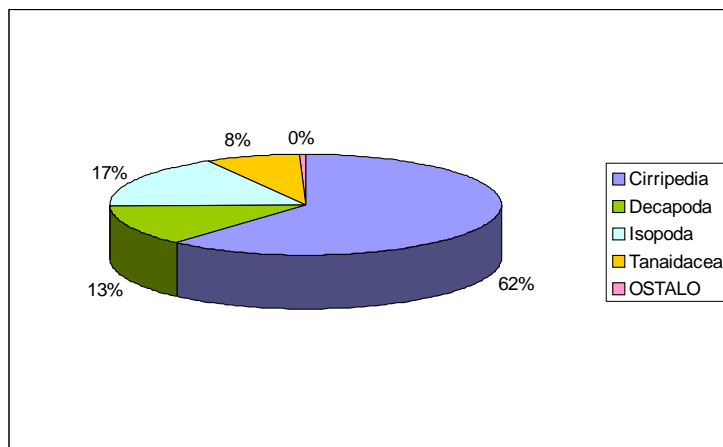
Iz vzorcev nabranih na 10 postajah, smo v 150 paralelkah prešteli 16.628 živali, ki so pripadale 27 vrstam in 25 nedoločenim taksonomskim skupinam. Najdene živali so pripadale skupinam Amphipoda, Cirripedia, Cumacea, Decapoda, Isopoda, Mysidacea in Tanaidacea. Pri tem so bile postranice (Amphipoda) skupina z daleč najvišjo abundanco (10.016). Brez postranic je število vseh obravnavanih osebkov 6.012. Sledijo skupine Cirripedia, Isopoda, Decapoda in Tanaidacea (slika 3.1).



Slika 3.1: Skupna abundanca ugotovljenih rakov, vzorčenih v Tržaškem zalivu.



Slika 3.2: Prisotnost posameznih skupin rakov v vseh vzorcih vključno z Amphipoda, vzorčenih v Tržaškem zalivu.



Slika 3.3: Prisotnost posameznih skupin rakov v vseh vzorcih brez skupine Amphipoda, vzorčenih v Tržaškem zalivu.

**Preglednica 3.1:** Favnistični popis taksonov in njihova abundanca. Osebki taksonov, ki so označeni z indet., niso bili določeni do vrste bodisi zaradi juvenilnosti ali zaradi poškodovanosti osebkov med vzorčenjem. Imena avtorjev so povzeta po Riedl, 1983.

			VSE POSTAJE
	Takson		Σabundanca
Cirripedia	<i>Chthamalus montagui</i> Southward	<i>Chth_mont</i>	2416
	<i>Chthamalus stellatus</i> (Poli)	<i>Chth_stel</i>	459
	<i>Chthamalus</i> indet.	<i>Chth_sp.</i>	343
	<i>Balanus amphitrite</i> Darwin	<i>Bal_amph</i>	4
	<i>Balanus perforatus</i> Brug.	<i>Bal_perf</i>	569
	<i>Balanus</i> indet.	<i>Bal_sp.</i>	51
	<i>Balanus trigonus</i> Darwin	<i>Bal_trig</i>	215
Cumacea	Cumacea indet.	<i>Cum_inde</i>	4
Decapoda	<i>Achaeus cranchii</i> Leach	<i>Ach_chr</i>	13
	<i>Alpheus macrocheles</i> (Hail.)	<i>Alp_mac</i>	1
	<i>Athanas nitescens</i> Leach	<i>Ath_nite</i>	131
	<i>Cestopagurus timidus</i> (Roux)	<i>Ces_timi</i>	34
	<i>Clibanarius erythropus</i> (Latr.)	<i>Cli_ery</i>	6
	<i>Hippolyte</i> indet.	<i>Hip_sp.</i>	226
	Hippolytidae	<i>Hip_idae</i>	40
	Natantia indet.	<i>Nat_inde</i>	113
	<i>Pagurus anachoretus</i> Risso	<i>Pag_anac</i>	9
	<i>Philocheras fasciatus</i> (Risso)	<i>Phi_fas</i>	4
	<i>Palaemon serratus</i> (Penn.)	<i>Pal_ser</i>	1
	<i>Pilumnus hirtellus</i> (L.)	<i>Pil_hirt</i>	9
	<i>Pilumnus</i> indet.	<i>Pil_sp.</i>	5
	<i>Pisidia bluteli</i>	<i>Pis_blut</i>	16
	<i>Pisidia</i> indet.	<i>Pis_sp.</i>	5
	<i>Porcellana platycheles</i> (Penn.)	<i>Por_pla</i>	1
	<i>Processa</i> indet.	<i>Pro_sp.</i>	90
<i>Sirpus zariquieyi</i> Gordon	<i>Sir_zar</i>	2	
<i>Thoralus cranchii</i> (Leach)	<i>Tho_cran</i>	163	
<i>Xantho pilipes</i> (Olivi)	<i>Xan_pili</i>	5	
Isopoda	Anthuridea	<i>Ant_idae</i>	66
	<i>Astacilla</i> indet.	<i>Ast_sp.</i>	1
	Bopyridae	<i>Bop_idae</i>	1
	<i>Campecopea</i> indet.	<i>Cam_sp.</i>	31
	<i>Cymodoce</i> indet.	<i>Cym_sp.</i>	170
	<i>Dynamene edwardsi</i> (Lucas)	<i>Dyn_edwa</i>	294
	<i>Dynamene</i> indet.	<i>Dyn_sp.</i>	2
	<i>Dynamene forelliae</i> (Holdich)	<i>Dyn_tore</i>	458
	<i>Eurydice</i> indet.	<i>Eur_sp.</i>	3
	<i>Gnathia dentata</i> (Sars)	<i>Gna_dent</i>	12
	<i>Gnathia</i> indet.	<i>Gna_sp.</i>	13
	<i>Gnathia vorax</i> (Lucas)	<i>Gna_vor</i>	4
	<i>Idotea</i> indet.	<i>Ido_sp.</i>	4
	Isopoda idet.	<i>Iso_inde</i>	2
	<i>Jaera nordmanni</i> (Rathke)	<i>Jae_sp.</i>	47
	<i>Limnoria</i> indet.	<i>Lym_sp.</i>	1
	Munnidae	<i>Mun_idae</i>	5
<i>Sphaeroma</i> indet.	<i>Sph_sp.</i>	3	
<i>Synisoma</i> indet.	<i>Syn_sp.</i>	4	
Mysidacea	Mysida indet.	<i>Mys_inde</i>	24
Tanaidacea	<i>Leptochelia savigny</i> (Kröyer)	<i>Lep_sav</i>	186
	<i>Tanais dulongii</i> (Audouin)	<i>Tan_dul</i>	343
	<i>Zeuxo</i> indet.	<i>Zeux_sp.</i>	1

### 3.1.1 Raki vitičnjaki (Cirripedia)

Identificirali smo 7 taksonov, od katerih je bilo 5 vrst, drugi pa so bili osebki dveh taksonomskih skupin, ki jih bodisi zaradi juvenilnosti ali zaradi poškodovanosti ob vzorčenju, nismo mogli določiti do vrste. Skupaj je bilo prešteti 4.057 osebkov. To je kar 61% vseh prešteti živali in s tem najštevilčnejša skupina, če izvajamo postranice. Najbolj pogosta vrsta vitičnjakov je bila *Chthamalus montagui* z 2.416 osebki (Preglednica 3.1), sledila sta ji *Balanus perforatus* z 569 osebki in *C. stellatus* z 459 osebki. Vrsta *C. montagui* se je pojavljala v 37% vseh (150) vzorčenih paralelk. Na drugem mestu po pojavnosti sta vrsti *C. stellatus* in *B. perforatus* z po 21% (preglednica 3.2).

**Preglednica 3.2:** Seznam ugotovljenih rakov vitičnjakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.

Takson	Število vseh najdenih osebkov	% od vseh vitičnjakov	Frekvenca-gledano vseh 150 vzorcev	% frekvence od vseh 150 vzorcev	% frekvence po postajah
<i>Chthamalus montagui</i>	2416	60	55	37	90
<i>Chthamalus stellatus</i>	459	11	32	21	90
<i>Chthamalus</i> indet.	343	8	28	19	90
<i>Balanus amphitrite</i>	4	0	4	3	40
<i>Balanus perforatus</i>	569	14	32	21	90
<i>Balanus trigonus</i>	215	5	16	11	80
<i>Balanus</i> indet.	215	5	16	11	50

### 3.1.2 Raki enakonožci (Isopoda)

Druga najobširnejša skupina so bili raki enakonožci s 1.123 primerki, kar predstavlja 17% vseh vzorčenih živali (brez postranic). Določili smo 6 vrst, 10 drugih rodov, 2 družini, ter 1 nedeterminirano skupino. Številčno je prevladovala vrsta *Dynamene torelliae* z 458 osebki, sledila sta ji *D. edwardsi* z 294 osebki in *Jaera nordmanni* z 47 osebki (preglednica 3.3). Najpogostejša vrsta *D. torelliae* se je prav tako kot *D. edwardsi* pojavljala v 23% od vseh vzorčenih paralelk, z veliko manjšim odstotkom, 5%, jima sledi vrsta *Gnathia dentata*. Visoka je bila tudi številčnost osebkov iz rodu *Cymodoce* s 170 predstavniki in s 15% pojavnostjo, gledano na vse paralelke.

**Preglednica 3.3:** Seznam ugotovljenih enakonožnih rakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.

Takson	Število vseh najdenih osebkov	% od vseh enakonožcev	Frekvenca-gledano vseh 150 vzorcev	% frekvence od vseh 150 vzorcev	% frekvence po postajah
Anthuridea	66	6	29	19	90
<i>Astacilla</i> indet.	1	0	1	1	10
Bopyridae	1	0	1	1	10
<i>Campecopea</i> indet.	31	3	12	8	70
<i>Cymodocea</i> indet.	170	15	23	15	70
<i>Dynamene edwardsi</i>	294	26	35	23	90
<i>Dynamene</i> indet..	2	0	2	1	10
<i>Dynamene torelliae</i>	458	41	35	23	100
<i>Eurydice</i> indet.	3	0	2	1	20
<i>Gnathia dentata</i>	12	1	8	5	70
<i>Gnathia</i> indet.	13	1	7	5	40
<i>Gnathia vorax</i>	4	0	2	1	20
<i>Idotea</i> indet.	4	0	4	3	20
Isopoda indet.	2	0	1	1	10
<i>Jaera nordmanni</i>	47	4	5	3	30
<i>Limnoria</i> indet.	1	0	1	1	10
Munnidae	5	0	4	3	20
<i>Sphaeroma</i> indet.	3	0	3	2	30
<i>Synisoma</i> indet.	4	0	4	3	30

### 3.1.3 Raki deseteronožci (Decapoda)

Tretja najštevilčnejša skupina so bili raki deseteronožci. Tudi tu smo določili 14 vrst, 5 dodatne rodove, 1 družino, ter prešteli skupno 874 osebkov, kar predstavlja 13% vseh najdenih rakov. Največ deseteronožnih rakov je bilo pripadnikov iz rodu *Hippolyte* z 226 osebki. Izmed vrst je bila najpogostejša *Thoralus cranchii* z 163 osebki, sledila ji je vrsta *Athanas nitescens* z 131 osebki (preglednica 3.4). Vrsti *T. cranchii* in *A. nitescens* sta se pojavljali v približno enakem številu vzorcev, vendar je bila prva znatno bolj številčna. V

največjem številu vzorcev so se pojavile vrste iz rodu *Hippolyte* z 22% vseh paralelk, visoko pojavnost pa so imeli tudi osebk iz nedeterminirane skupine *Natantia* indet. s 16%.

**Preglednica 3.4:** Seznam ugotovljenih deseteronožnih rakov z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.

Takson	Število vseh najdenih osebkov	% od vseh deseteronožcev	Frekvenca-gledano vseh 150 vzorcev	% frekvence od vseh 150 vzorcev	% frekvence po postajah
<i>Achaeus cranchii</i>	13	1	9	6	50
<i>Alpheus macrocheles</i>	1	0	1	1	10
<i>Athanas nitescens</i>	131	15	24	16	70
<i>Cestopagurus timidus</i>	34	4	10	7	60
<i>Clibanarius erythropus</i>	6	1	3	2	20
<i>Hippolyte</i> indet.	226	26	33	22	90
Hippolytidae	40	5	3	2	10
<i>Natantia</i> indet.	113	13	23	15	90
<i>Pagurus anachoretus</i>	9	1	7	5	30
<i>Philocheras fasciatus</i>	4	0	3	2	20
<i>Palaemon serratus</i>	1	0	1	1	10
<i>Pilumnus hirtellus</i>	9	1	7	5	40
<i>Pilumnus</i> indet.	5	1	3	2	30
<i>Pisidia bluteli</i>	16	2	7	5	30
<i>Pisidia</i> indet.	5	1	2	1	20
<i>Porcellana platycheles</i>	1	0	1	1	10
<i>Processa</i> indet.	90	10	22	15	80
<i>Sirpus zariquieyi</i>	2	0	2	1	20
<i>Thoralus cranchii</i>	163	19	22	15	90
<i>Xantho pilipes</i>	5	1	4	3	20

### 3.1.4 Škarjevke (Tanaidacea)

V vzorcih smo našli tudi 2 vrsti in 1 rod škarjev, katerih skupno število je znašalo 530 osebkov. To pomeni, da je 8% vseh najdenih rakov pripadalo skupini Tanaidacea. Najpogostejša vrsta škarjev je bila *Tanais dulongi* s 343 osebki, sledila ji je vrsta *Leptochelia savigny* s 186 osebki. Vrsta *L. savigny* se je pojavljala v večjem številu vzorcev (21%) kot vrsta *T. dulongi* (18%).

**Preglednica 3.5:** Seznam ugotovljenih škarjev z njihovo abundanco in frekvenco pojavljanja.

Takson	Število vseh najdenih osebkov	% od vseh škarjev	Frekvenca-gledano vseh 150 vzorcev	% frekvence od vseh 150 vzorcev	% frekvence po postajah
<i>Leptochelia savigny</i>	186	35	31	21	100
<i>Tanais dulongi</i>	343	65	27	18	80
<i>Zeuxo</i> indet.	1	0	1	1	10

### 3.1.5 Mizidni raki (Mysidacea)

V vzorcih smo našli 24 osebkov, ki so pripadali 1 nedoločeni skupini mizidnih rakov. To število predstavlja 0,4% izmed vseh upoštevanih organizmov. Osebki skupine *Mysida* indet. so se pojavljali v 10% vseh paralelk.

### 3.1.6 Raki repači (Cumacea)

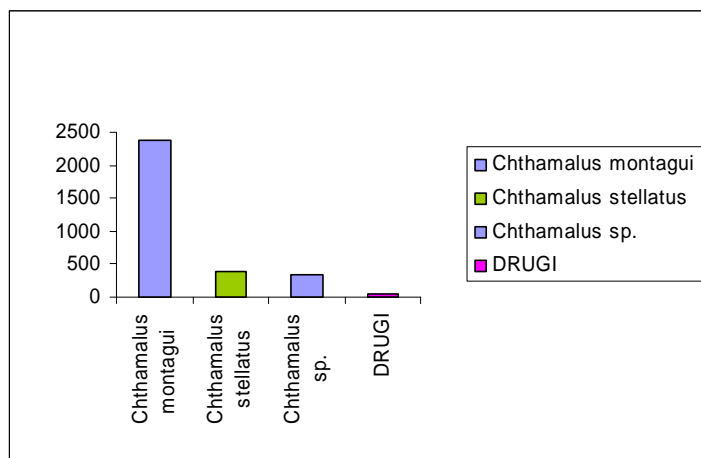
Prešteli smo tudi 4 osebke rakov repačev, ki smo jih pripisali 1 nedoločeni skupini rakov repačev. Repači so bili zastopani z deležem 0,06% vseh prešteti rakov. Skupina *Cumacea* indet. se je pojavila le v 1% vseh vzorčenj.

## 3.2 PREGLED PO PASOVIH

### 3.2.1 Zgornji mediolitoral

V zgornjem mediolitoralu smo prešteli 3.201 osebkov. Prevladujejo raki vitičnjaki s kar 97%. Najštevilčnejša vrsta rakov vitičnjakov zgornjega mediolitorala je nedvomno *Chthamalus montagui* s kar 75% vseh najdenih živali, sledi ji še *Chthamalus stellatus* s 13% in drugi

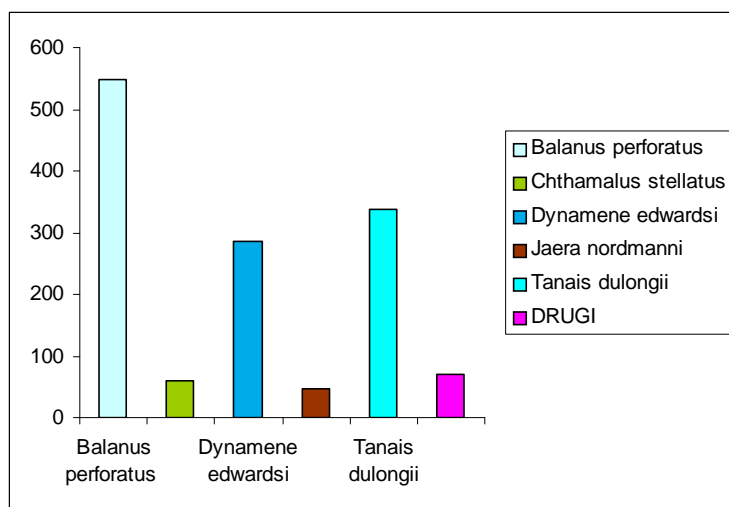
osebki iz rodu *Chthamalus* z 11%. Druge skupine rakov zgornjega mediolitorala ne presegajo abundance > 3%.



Slika 3.4: Delež najštevilčnejših vrst v zgornjem mediolitoralu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%) in drugi, gledano skupno vse lokacije.

### 3.2.2 Spodnji mediolitoral

V spodnjem mediolitoralu smo prešteli 2.245 osebkov. Prevladujejo postranice s 37%, sledijo vitičnjaki s 30%, škarjevke s 16% in enakonožci s 15%. Najštevilčnejša vrsta tega pasu je *Balanus perforatus* z 41% (število postranic ni upoštevano), sledita pa ji škarjevka *Tanais dulongii* s 25% in enakonožni rak *Dynamene edwardsi* z 21%. V manjši meri sta zastopana tudi vitičnjak *Chthamalus stellatus* (5%) in enakonožec *Jaera nordmanni* (3%).

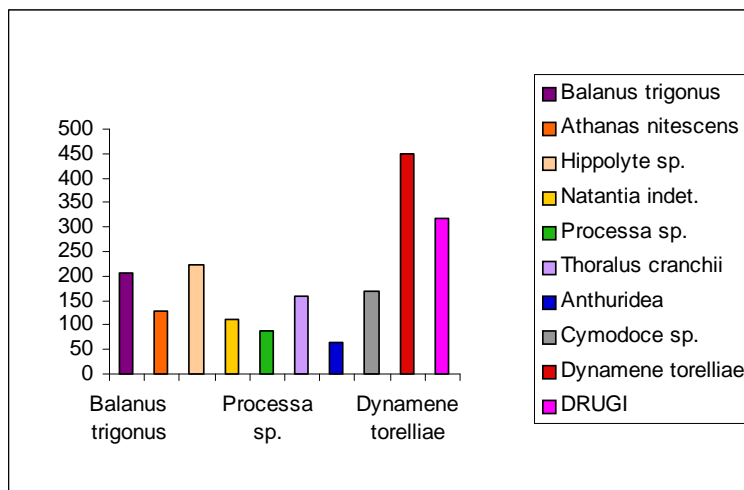


Slika 3.5: Delež najštevilčnejših vrst v spodnjem mediolitoralu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%), gledano skupno vse lokacije.



### 3.2.3 Zgornji infralitoral

Skupaj smo v zgornjem infralitoralalu prešteli 11.182 živali. Postranice so sestavljale kar 82% živali tega pasu. Če postranic ne upoštevamo opazimo, da so skupine drugih rakov v zgornjem infralitoralalu, glede na druga pasova najbolj enakomerno zastopane. Brez postranic so torej prevladovali deseteronožci z 41%, enakonožci s 37% in škarjevke z 9%, druge skupine pa so bile zastopane z manj kot 3%. Vrsta z največjim številom je bila *Dynamene torelliae* iz skupine enakonožcev s 23%, sledile so ji vrste *Balanus trigonus* z 11%, *Thoralus cranchii* z 8% in *Athanas nitescens* s 7%. Številni so bili tudi deseteronožci iz rodu *Hippolyte* z 12% in enakonožci iz rodu *Cymodoce* z 9%.



Slika 3.6: Delež najštevilčnejših vrst v zgornjem infralitoralalu (upoštevane so vrste z abundanco > 3%), gledano skupno vse lokacije.

### **3.2.4 Primerjava med pasovi**

#### **3.2.4.1 Abundanca**

V zgornjem mediolitoralu smo našli 3.201 osebkov, v spodnjem 2.245 osebkov, v zgornjem infralitoralu pa 11.182 osebkov. Če postranic ne upoštevamo dobimo nekoliko drugačno sliko, v zgornjem mediolitoralu je bilo tako 3.156 osebkov, v spodnjem 1.418 osebkov, v infralitoralu pa 2.026 osebkov (preglednica 3.6). V zgornjem mediolitoralu po številu prevladujejo raki vitičnjaki.

#### **3.2.4.2 Vrstna pestrost**

Največ upoštevanih vrst je bilo vzorčenih v zgornjem infralitoralu, tam smo našli skupno 21 vrst, sledi spodnji mediolitoral z 19 vrstami, najmanj vrst pa smo našli v zgornjem mediolitoralu, le 7. Z globino torej število vrst očitno narašča.

Vrstno diverzitetno združb posameznih globinskih pasov sem izračunala s pomočjo Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa. Diverziteta narašča od mediolitorala proti infralitoralu (preglednica 3.6). V zgornjem mediolitoralu je najnižja (0,1), v spodnjem mediolitoralu doseže vrednost 1,2, v zgornjem infralitoralu pa znaša 1,3.

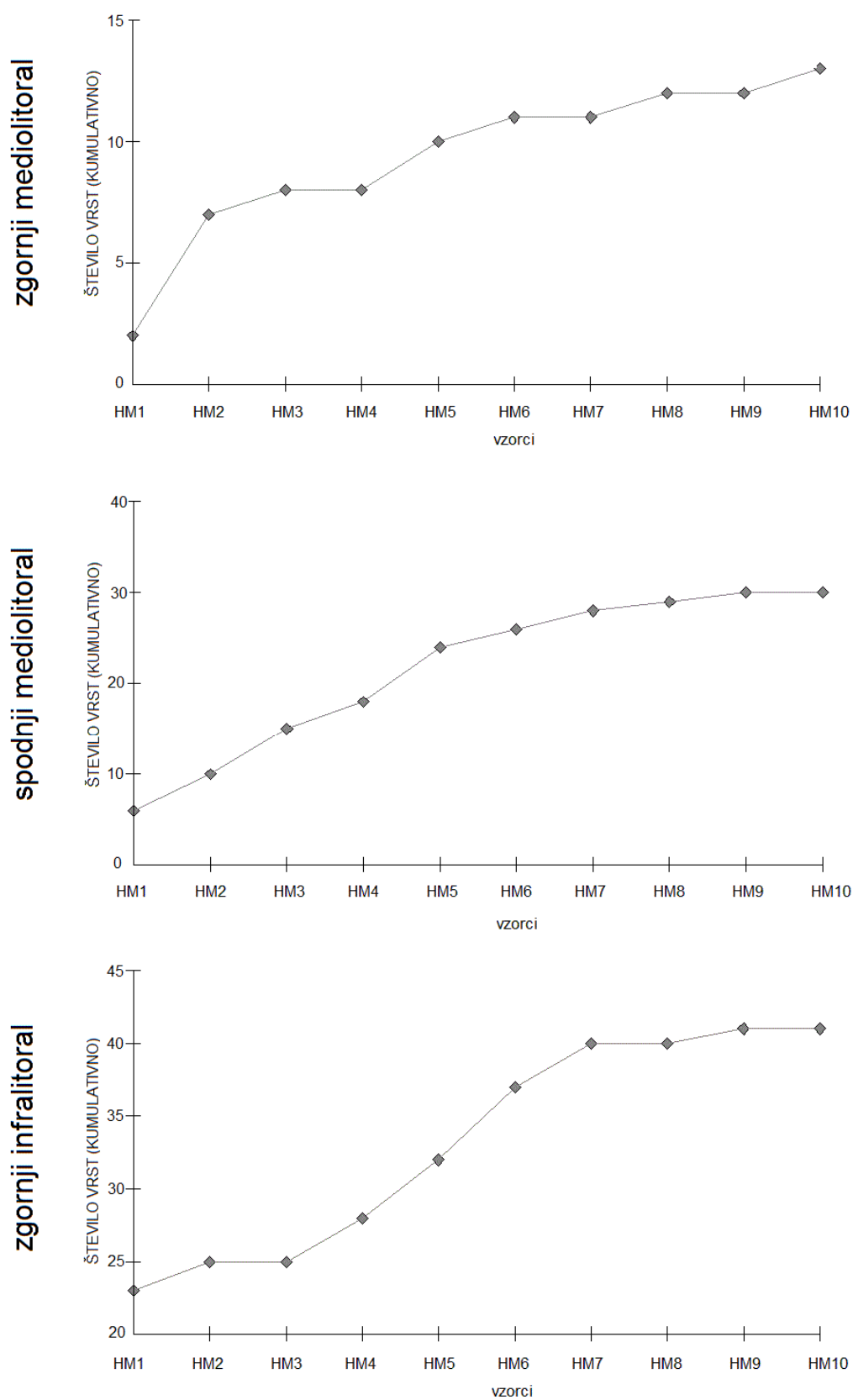
Enakomernost zastopanosti vrst združbe posameznega pasu lahko izračunamo z Pieloujevimi diverzitetnim indeksom. Vrednost indeksa zgornjega mediolitorala je bila najnižja 0,1, v spodnjem mediolitoralu in zgornjem infralitoralu pa je bila vrednost 0,4 (preglednica 3.6). Enakomerna zastopanost vrst se z globino viša. Kljub temu pa so v vseh treh globinskih pasovih vrste abundančno dokaj neenakomerno zastopane, saj je indeks pri vseh treh nižji od 0,5.

**Preglednica 3.6:** Podatki za posamezni globinski pas: število osebkov, število vrst, Shannon-Wienerjev indeks ( $H'$ ) in Pieloujev indeks.

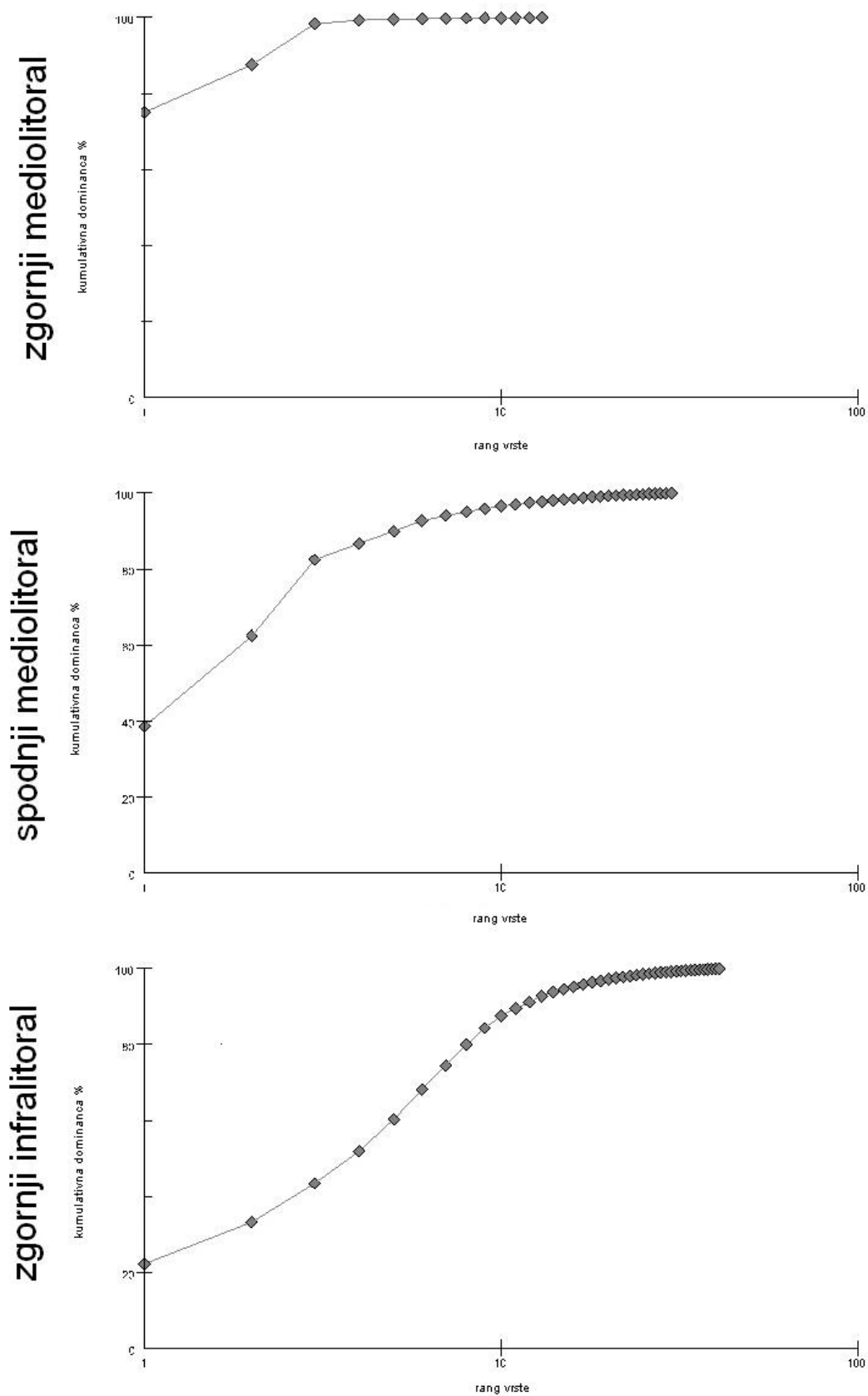
	ZG. MED	SP. MED	ZG. INF
Št. Osebkov	3.156	1.418	2.026
Št. vrst	7	19	21
$H'$	0,1	1,2	1,3
$J'$	0,1	0,4	0,4

Z izrisom kumulativne krivulje smo preverili, če smo naredili zadostno število vzorčenj na posameznem globinskem pasu in tako verjetno zajeli vse prisotne vrste. Krivulje so prikazane v dvodimenzionalnem grafu, kjer si na X osi sledijo vzorci posameznega pasu (50 vzorcev), na Y osi pa so prikazane dodatno prisotne vrste v vzorcu. Če se vrednosti na Y osi ustalijo pomeni, da smo zajeli večino vrst v vzorčevani združbi. Na sliki 3.7 je vidno, da se kumulativne krivulje vseh izbranih pasov ustalijo, tako da smo med vzorčevanjem zajeli večino vrst v posamezni združbi.

Krivulja kumulativne dominancje nam pove kakšna je struktura združbe, koliko vrst je dominantnih in koliko je tistih z manj predstavniki. V naših rezultatih je vidno, da krivulja k-dominancje zgornjega mediolitorala doseže vrednost asimptote najprej, sledi ji krivulja spodnjega mediolitorala, v zgornjem infralitoralu pa jo doseže najpočasneje. Hitro doseganje asimptote zgornjega mediolitorala je posledica velike abundance vrste *Chthamalus montagui*, ki predstavlja večinski delež rakov tega pasu. Vidimo, da homogenost združbe z globino narašča in tako zgornji infralitoral poseljuje najbolj homogena združba z najmanj dominantnimi taksoni in z najvišjo diverzitetjo, kar smo dokazali že predhodno z Shannon-Wienerjevim indeksom. Rezultati našega vzorčenja so prikazani na sliki 3.8.



Slika 3.7: Kumulativne krivulje posameznih globinskih pasov.

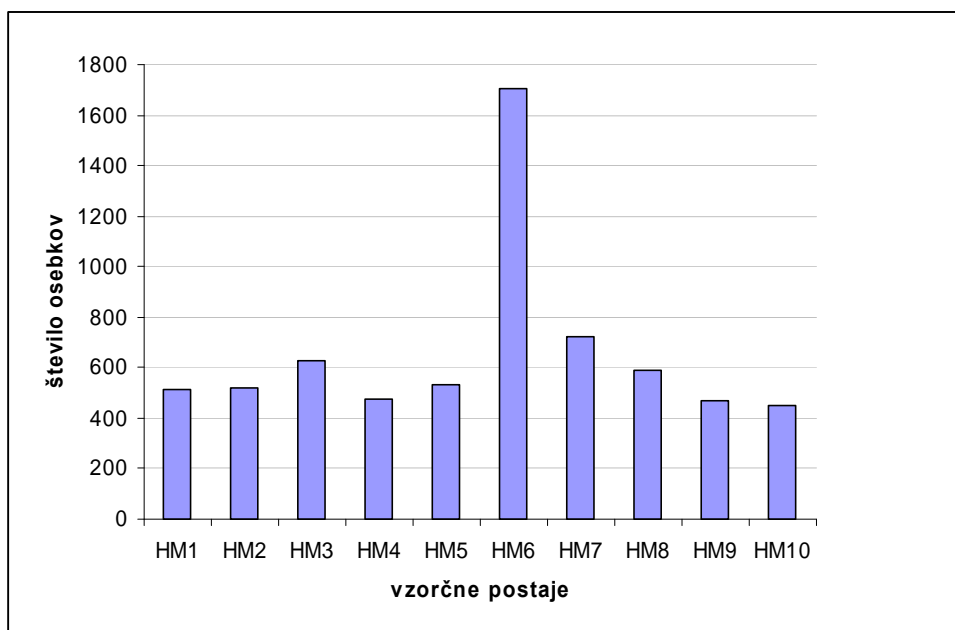


Slika 3.8: Krivulje kumulativne dominace posameznih globinskih pasov.

### 3.3 PRIMERJAVA MED POSTAJAMI

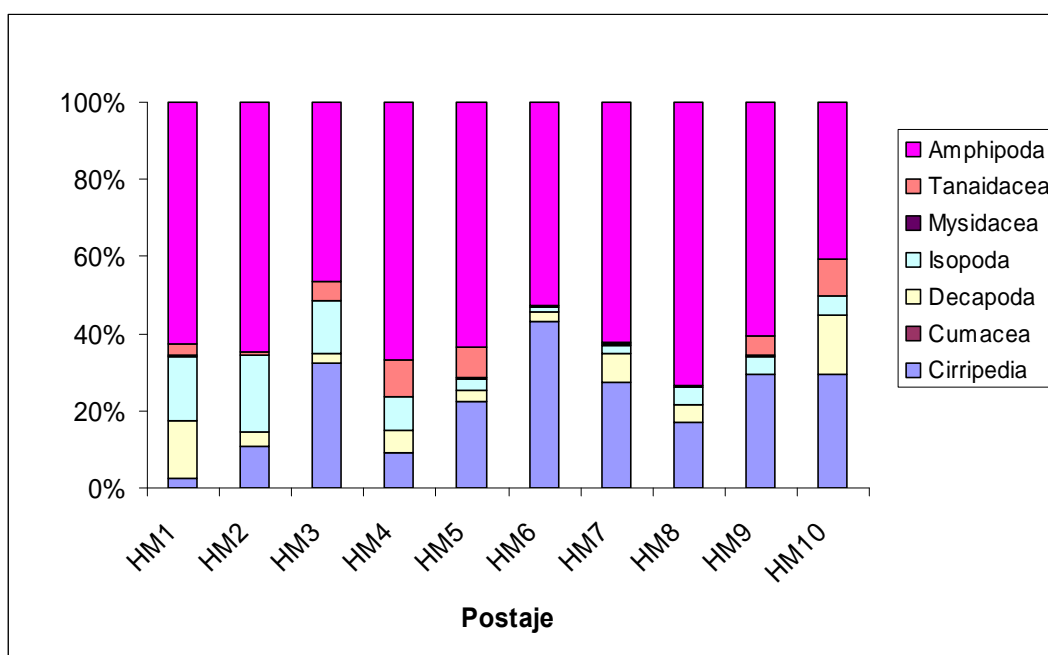
#### 3.3.1. Abundanca

Največ živali smo našli na postaji HM6 (mladinsko zdravilišče Rdeči križ), kjer smo prešteli skupno kar 1.707 rakov, to je v primerjavi z drugimi postajami, kjer smo prešteli le od 451 do 725 osebkov, ogromno. Tako veliko število sestavljajo predvsem vitičnjaki *Chthamalus montagui*. Če izključimo HM6, so si vzorčne postaje glede na število osebkov med seboj kar podobne (slika 3.9)



Slika 3.9: Število prešteti rakov na vsaki od vzorčnih postaj.

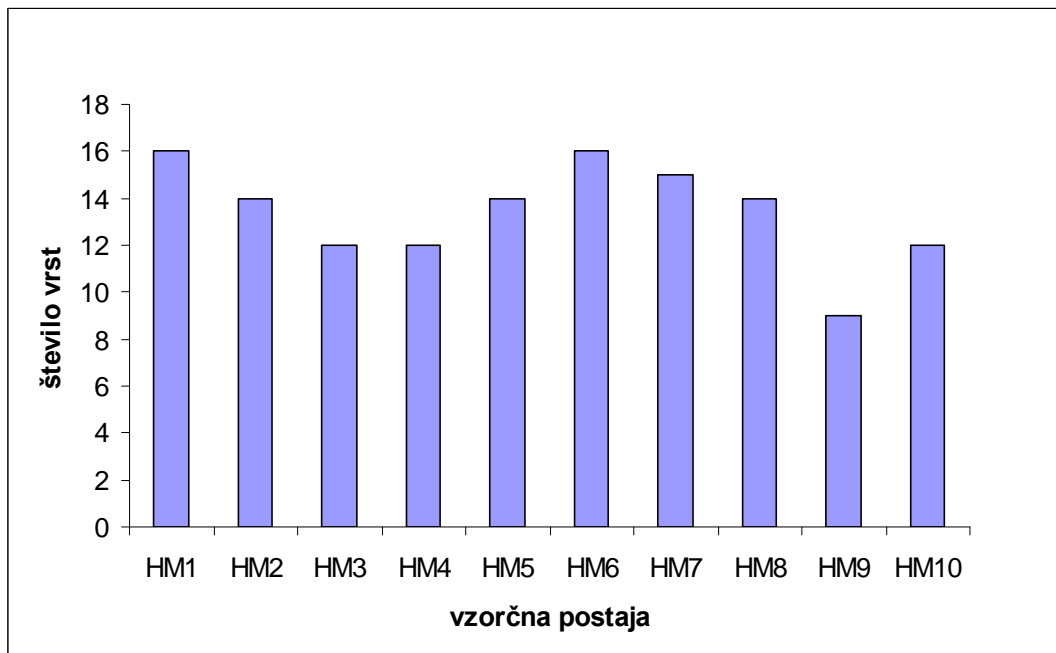
Glede skupinske sestave rakov med posameznimi postajami ni velikih razlik. Izstopata referenčni postaji HM1 in HM2, kjer opazimo večjo pojavnost enakonožcev in pri HM1 tudi deseteronožcev. Na postaji HM6 je dobro vidna že omenjena dominanca vitičnjakov. Deleži abundanc za vse skupine makrozoobentoških rakov za vsako postajo posebej so predstavljeni na sliki 3.10.



Slika 3.10: Deleži abundanc posameznih skupin makrozoobentoških rakov prisotnih na posamezni postaji.

### 3.3.2. Vrstna pestrost

Če opazujemo število vrst prisotnih na posameznih postajah, ne opazimo trenda, ki bi bil povezan z morfološko spremenjenostjo obale in onesnaženostjo (slika 3.11). Na postaji pri mladinskem zdravilišču Rdeči križ (HM6), kjer je združba najmanj raznolika (od vzorčenih postaj), je prisotnih kar 16 vrst rakov. To nakazuje na neenakomerno vrstno zastopanost in dominanco nekaterih vrst.



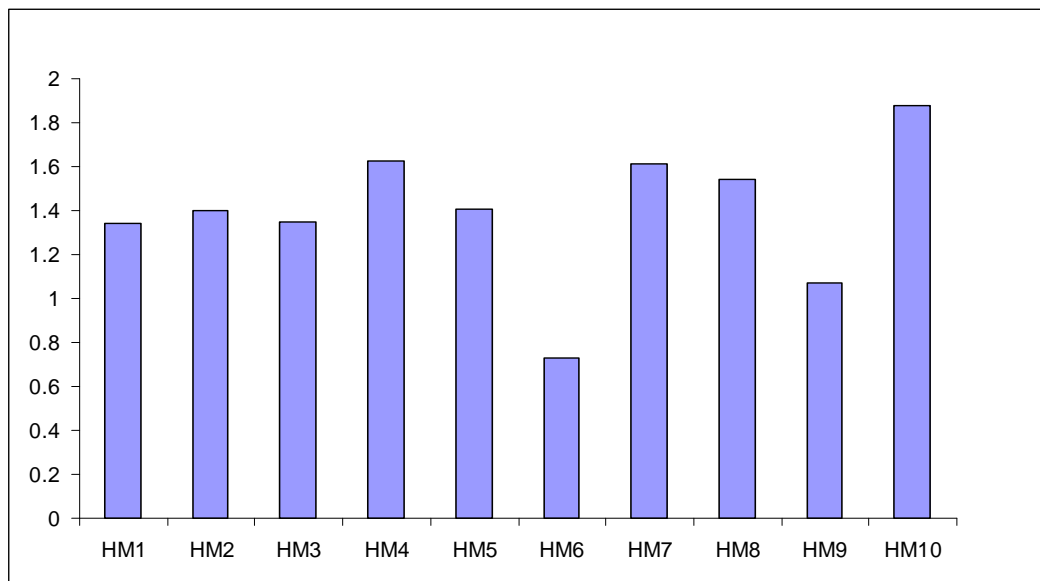
Slika 3.11: Število vrst rakov vzorčenih na posamezni postaji.

Raznolikost zoobentoške združbe je odvisna od večih dejavnikov. Poleg substrata, prisotnosti primarnih producentov, medvrstnih interakcij in podobno, na biodiverzitetu vplivata tudi obseg morfološke spremenjenosti ter onesnaženost.

### 3.3.2.1 Vrsta diverzитета

Raznolikost združb vseh desetih vzorčnih postaj (HM1-HM10) sem izračunala s pomočjo Shannon-Wienerjevega biodiverzitetnega indeksa. V splošnem je bila na vseh postajah diverzitetna razmeroma nizka (0,7-1,9). Najnižje vrednosti sem izračunala na vzorčni postaji pri mladinskem zdravilišču Rdeči križ (HM6). Postaja z najbolj raznoliko združbo pa je bila piranski mandrač (HM10), ki je sicer opredeljena kot območje z zelo močno morfološko spremenjenostjo. V primerjavi s HM10 so vrednosti postaje v Laguni Bernardin (HM9) presenetljivo drugačne, vrednost indeksa znaša namreč le 1,1. Razen teh izjem je rahlo opazen trend zviševanja diverzitetne od postaje HM1-HM10, kar je razvidno iz slike 3.12.

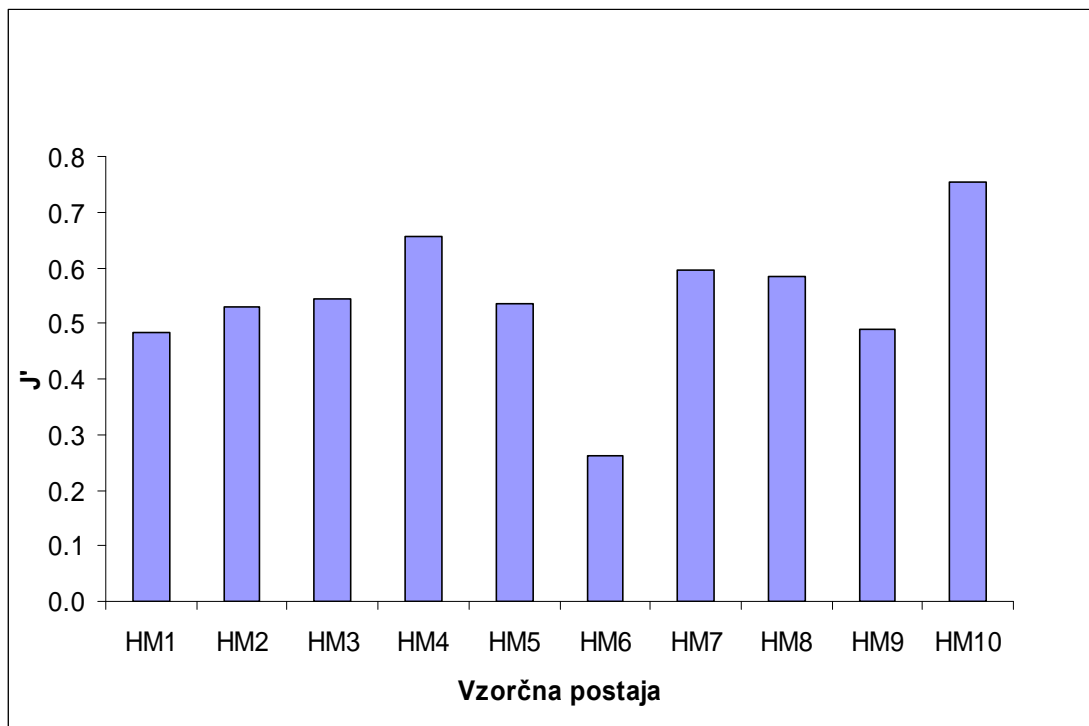




Slika 3.12: *Shannon-Wienerjev indeks na posamezne postaje.*

### 3.3.2.2 Enakomernost porazdelitve

Pieloujev diverzitetni indeks enakomerne porazdelitve nam pokaže, kako enakomerno so zastopane vrste posamezne vzorčevane združbe. V splošnem so bile vrednosti indeksa različnih postaj dokaj podobne (slika 3.13). Pri večini postaj je bila vrednost indeksa nad 0,5, kar nakazuje enakomerno abundančno zastopanost vrst. Višja vrednost indeksa se je pokazala le na postaji HM10 (Piranski mandrač), kjer je bilo najmanj vrst, vendar so bile te bolj enakomerno zastopane. Na postaji HM6 (mladinsko zdravilišče Rdeči križ), kjer smo našli skoraj največ vrst rakov, pa so bile te najbolj neenakomerno zastopane. Vrednost indeksa je znašala komaj 0,3.



Slika 3.13: *Pieloujev diverzitetni indeks enakomerne porazdelitve.*

## 4 DISKUSIJA

### 4.1 PRIMERNOST UPORABLJENIH METOD

#### 4.1.1 Pomen vzorčevanih površin

Minimalna vzorčevana površina nam mora podati reprezentativno število vrst določene združbe, ki se ob večanju vzorčne površine ne sme znatno povečati (Bianchi *in sod*, 2003). Mnogo avtorjev je kot metodo vzorčenja uporabilo metodo kvadrata 20x20 cm. Tudi pri našem delu smo uporabili enako metodo na površini 400 cm<sup>2</sup>, ki velja za minimalno vzorčevalno površino v sredozemskih obrežnih združbah (Bellan-Santini, 1969; Boudouresque & Belsher, 1979; Rindi & Battelli, 2005; Benedetti-Cecchi, 2009).

#### 4.1.2 Vzorčevalne tehnike

Pri vrednotenju rezultatov moramo upoštevati napake, do katerih je prišlo med vzorčevanji na terenu. Vzorčevanja smo izvedli vedno ob plimi, ravno zato, da bi z metodo kvadrata lahko vzorčili tudi vagilne živali mediolitorala, ki se sicer ob oseki umaknejo. Kljub temu predvidevamo, da se je nekaj osebkov aktivnejših skupin rakov med vzorčevanji umaknilo (kot npr. večje rakovice in mokrice). Metodo smo delno izpopolnili tako, da smo omenjene živali, ki smo jih opazili na vzorčnem mestu pred in med vzorčevanjem, ročno dali v lovilno mrežico oziroma smo jo po možnosti taksonomsko določili, popisali in jo vrnili v naravno okolje. Do napak pri metodi vzorčevanja s kvadratom je prišlo tudi ob odstranjevanju organskega materiala s podlage s pomočjo zidarske lopatice in geološkega kladiva. Kljub dodatnemu usmerjanju toka vode z rokami, se je nekaj materiala izgubilo, še posebej v zgornjem mediolitoralu na postajah, kjer je vpliv pljuskanja valov posebej izrazit.

V zgornjem infralitoralu je vzorčenje potekalo z uporabo potapljaške opreme, kjer so potapljači vzorčili s sorbono (zračno črpalko). Sorbona velja za najnatančnejši inštrument pri vzorčenju makrozoobentosa kamnitega dna, saj naj bi tako zbrali kar 7 krat več organizmov

na vzorčnem mestu, kot z drugimi inštrumenti (Ghirardelli, 1981). Metoda je primerna tako za sesilne kot za vagilne organizme (Giangrande *in sod.*, 1986; Gambi *in sod.*, 2003).

Pomembno je poudariti tudi dejstvo, da so vzorčenja na paralelkah posamezne postaje različno natančno vzorčena, saj je natančnost odvisna od dostopnosti vseh mest na vzorčevanem kvadratu. Vendar je pomembno, da so si vzorčne paralelke med seboj različne, saj se le tako lahko približamo čim bolj reprezentativnemu vzorčenju. S fotografiranjem okvirja pred in po vzorčenju smo v laboratoriju še dodatno preverili natančnost vzorčenja.

Ker smo bili pri raziskovanju omejeni na zahteve s strani Vodne direktive, smo vzorčili zgornji infralitoralni pas le do globine 1 m. Infralitoral sicer lahko sega do globine 10 m, zato naših rezultatov ne moremo aplicirati na celotni infralitoral, saj se združbe makrozoobentoških rakov z globino spreminjajo.

Naše delo smo izvedli le v določenem obdobju leta (ob koncu pomladi), kar pomeni, da smo vzorčili le živali, ki se pojavljajo ob določenem delu leta oz. skozi vse leto. Če bi izvajali monitoring skozi vse leto, bi bili rezultati in vrednotenje natančnejši.

### **4.1.3 Določevanje**

Eden od problemov pri popisu rakov in vrednotenju ekološkega stanja se je pojavil tudi zaradi nezmožnosti določitve nekaterih rakov do vrst. Nekaj primerkov je bilo v času vzorčenja v juvenilnem stadiju, brez osnovnih morfoloških znakov odraslih osebkov, ki so potrebni za medvrstno razločevanje. Pri postranicah, ki so znane kot pomembni indikatorji, se je pojavil največji problem, saj v Sloveniji primanjkuje strokovnjakov, ki bi bili zmožni določiti to obsežno skupino do nivoja vrste. Ker je bila njihova pojavnost pogosta (frekvenca pojavnosti v vzorcih je znašala kar 100%) in njihova abundanca velika (10.016 osebkov na vseh postajah), smo pri tem izgubili veliko informacij. Tudi pri nekaterih drugih skupinah smo imeli podoben problem, le da so strokovnjaki živali identificirali do rodu ali do družine (Cumacea, Mysidacea, nekateri Isopoda itd.). Pomanjkanje strokovnjakov za določevanje bentoških rakov nam je oteževalo natančno vrednotenje.

## 4.2 PRIMERJAVA Z DRUGIMI RAZISKAVAMI

### 4.2.1 Primerjava vrstne pestrosti Tržaškega zaliva in nekaterih drugih območij Jadrana

Na podlagi nekaterih poprejšnih raziskav, ki so bile izvedene v Jadranu, sem primerjala vrstno zastopanost v Tržaškem zalivu z rezultati, ki smo jih dobili pri našem delu (prikazano v preglednicah 4.1 in 4.2). Podatki z drugimi raziskavami se ujemajo. Pri tem moramo upoštevati majhnost Tržaškega zaliva, kar pomeni posledično manj prisotnih vrst v primerjavi z celotnim Jadranom oz. drugimi območji in dejstvo, da smo vzorčili le ob obali.

**Preglednica 4.1:** Nahajališča rakov I (s števili je označeno število najdenih taksonov, z nadpisanimi števili so označeni naslednji viri: <sup>1</sup>- Graeffe 1902, <sup>2</sup>- Zavodnik 1967, <sup>3</sup>- Števčič 1969, <sup>4</sup>- Manning & Števčič 1982, <sup>5</sup>- Števčič 1990, <sup>6</sup>- Sket *in sod.* 1991, <sup>7</sup>- Riggio 1996, <sup>8</sup>- Števčič 1997, <sup>9</sup>- Lipej & Vrišer 1999, <sup>10</sup>- Zavodnik & Kovačič 2000, <sup>11</sup>- Sket *in sod* 2001, <sup>12</sup>- Fišer 2004, <sup>13</sup>- Battelli & Dolenc-Orbanič 2009).

NAHAJALIŠČE	Taksoni, ki se pojavljajo v večjem številu (št. taksonov)			
	Cirripedia	Decapoda	Isopoda	Tanaidacea
Naše delo	7	18	19	3
Tržaški zaliv	3 <sup>13</sup>	75 <sup>4</sup> 103 <sup>9</sup>	30 <sup>1</sup>	4 <sup>12</sup>
Reški zaliv	10 <sup>10</sup>	79 <sup>10</sup>	5 <sup>10</sup>	4 <sup>10</sup>
Rovinj		77 <sup>8</sup>		6 <sup>2</sup>
Jadran	20 <sup>11</sup>	169 <sup>3</sup> 209 <sup>5</sup> 210 <sup>6</sup> 220 <sup>8</sup>	50 <sup>6</sup>	8 <sup>6</sup> 11 <sup>7</sup>

**Preglednica 4.2:** Nahajališča rakov II (s števili je označeno število najdenih taksonov, z nadpisanimi števili so označeni naslednji viri: <sup>1</sup>- Graeffe 1902, <sup>2</sup>- Wittmann 1977, <sup>3</sup>- Sket *in sod.* 1991, <sup>4</sup>- Lipej & Vrišer 1999).

NAHAJALIŠČE	Taksoni, ki se pojavljajo v manjšem številu (število taksonov)	
	Cumacea	Mysidacea
Naše delo	1x indet	1x indet
Tržaški zaliv	10 <sup>1</sup>	23 <sup>2</sup> 2 <sup>4</sup>
Jadran	10 <sup>1</sup> 12 <sup>3</sup>	44 <sup>2</sup> 24 <sup>3</sup>

Če upoštevamo majhnost, plitvost in podvrženost Tržaškega zaliva človekovemu vplivu, lahko rečemo, da je vrstna pestrost tega predela v Jadranu dokaj visoka. Eden od razlogov temu je raznolikost habitatnih tipov. Take razmere z drugimi abiotskimi dejavniki pogojujejo možnost sobivanja različnih bentoških združb, ki so različno vrstno pestre. Omeniti je treba tudi prisotnost glacialnih reliktoev, katerih prisotnost je možna zaradi izjemno nizkih temperatur v zimskem času, ter tipične mediteranske vrste, ki lahko obstajajo na tem območju zaradi visokih temperatur v poletnem času.

## 4.2.2 Pregled po taksonomskih skupinah

### Vitičnjaki

Dominantna skupina rakov zgornjega mediolitorala so vitičnjaki, saj jim tesno zaprta lupina omogoča, da preživijo daljša obdobja na suhem (Turk, 2007). Značilna vrsta, ki naseljuje celotni mediolitoral je nedvomno *Chthamalus montagui* (Pérès & Gamulin-Brida, 1973; Zavodnik, 1997; Battelli & Dolenc-Orbanič, 2009), ki sega tudi v supralitoralni pas (Battelli & Dolenc-Orbanič, 2009). Pri interpretaciji zgodnejših raziskav moramo biti pozorni na dejstvo, da je bila vrsta *C. montagui* do leta 1976 zaradi podobnosti večkrat identificirana kot *C. stellatus*, ki naseljuje identične habitate mediolitorala (Zavodnik, 1997). Tako sta prvo gotovo pojavnost vrste *C. stellatus* na slovenski kamniti obali obelodanila Battelli & Dolenc-Orbanič (2009).

Pri našem delu nismo vzorčili supralitoralala, tako da vrste *C. depressus*, ki je značilna za ta pas nismo zajeli, našli pa smo vrsto *C. stellatus* in sicer predvsem v zgornjem mediolitoralu ter manj v spodnjem. Battelli in Dolenc-Orbanič (2009) sta za vrsto *C. stellatus* opazila ravno obraten trend razporeditve, več osebkov sta našla v spodnjem in manj v zgornjem mediolitoralu. Razlog temu bi lahko bil, da sta izvajala vzorčenja na območjih, ki so bolj izpostavljeni valovanju. Vrste iz družine Chthamalidae so na neugodne razmere, ki jih povzročatjo valovanje, suša, sončna pripeka in dež še posebej prilagojene, tako da je njihova lupina bolj sploščena, medtem ko so vrste z družine Balanidae, ki živijo globlje, bolj stožičastih oblik. To je tudi razlog, da živi največ vrst iz rodu *Chthamalus* višje v mediolitoralu, saj imajo tam več prostora, kamor se lahko naseljujejo, kot v spodnjem mediolitoralu, kjer že prihaja do kompeticije za prostor in hrano z drugimi vrstami.

Bolj zahtevni kot vrste iz rodu *Chthamalus* so vitičnjaki iz rodu *Balanus* (Sket in sod, 2003), ki naseljujejo površine spodnjega mediolitoralala in zgornjega infralitoralala. V naših vzorcih v zgornjem mediolitoralu ni bilo niti enega osebka iz omenjenega rodu, kar potrjuje njihovo netoleranco na življenje v takem habitatu. *B. perforatus* pogosto naseljuje zgornji infralitoral (Zavodnik, 1997), naši rezultati pa so jasno pokazali, da se v veliko večjem številu pojavlja tudi v spodnjem mediolitoralu. Očitno so tam razmere dovolj stabilne za preživetje. Zanimiva je vrsta *B. amphitrite*, za katero je značilno, da prenese nekoliko manj slano in nekoliko kemično onesnaženo vodo (Sket in sod., 2003). V vseh naših vzorcih smo našli le 4 primerke: 3 v zgornjem infralitoralu in 1 v spodnjem mediolitoralu, verjetno zato, ker njihove niše na tem območju zasedejo drugi vitičnjaki iz rodu *Balanus*.

Vitičnjaki, ki smo jih našli, so bili priraščeni na umetnih stenah, betonskih bokih, skalah ali kamnih mediolitoralala, kar nam je omogočilo izvesti vzorčenje dokaj natančno.

## **Deseteronožci**

Rakov iz skupine Decapoda v zgornjem mediolitoralu nismo zasledili, razen redkih rakovic kot je *Xantho pilipes* in kozic (*Palaemon serratus*, *Processa* sp.), ki so se zmožne hitro umakniti negativnim vplivom na površini morja. Tudi glede na druge vire (Manning & Števcic, 1982; Števcic, 1990) jih v tem pasu ne zasledimo pogosto. Rakovica *X. pilipes* je sicer znana kot redek prebivalec detritnega dna, sestrška vrsta *X. poressa* pa naj bi bila ena najabundantnejših vrst, ki se zadržujejo večinoma pod kamni v spodnjem mediolitoralu, ter zgornjem infralitoralu (Števcic, 1990), vendar v naših vzorcih ni bilo nobenega primerka. Predvidevamo, da je razlog za to pobeg te vrste rakovic z vzorčnega kvadrata.

V spodnjem mediolitoralu so raki deseteronožci nekoliko bolj številčni. Najpogosteje zastopana vrsta rakov deseteronožcev spodnjega mediolitorala je bila *Pisidia bluteli*, v infralitoralu pa je bila njena abundanca nižja. To ustreza dejstvu, da ji zaradi filtratorskega načina prehranjevanja ustreza bolj dinamično vodno okolje (spodnji del bibavičnega pasu), hkrati pa se lahko izogne življenju v plitvejši vodi. Glede na nekatere zgodnejše raziskave naj bi bila vrsta značilna za globji infralitoral (Manning & Števcic, 1982), vendar so jo predhodno zamenjevali z drugimi vrstami rodu *Pisidia*, zato je razširjenost in ekologija te vrste slabo poznana (Števcic, 1990). Števcic (1990) v delu navaja tudi, da vrsta živi v nizki vodi kamnitega dna, kar se ujema z našimi ugotovitvami.

Pogosti mediolitoralni vrsti, ki ju omenja Števcic (1990) v svojem popisu rakov deseteronožcev Jadrana sta tudi *Palaemon adspersus* in *Hippolyte inermis*. Pri našem vzorčevanju sicer vrste *P. adspersus* nismo zajeli, našli pa smo sorodno vrsto *P. serratus* v zgornjem mediolitoralu. V vzorcih zgornjega infralitorala so bile zelo pogoste kozice z rodu *Hippolyte*, verjetno je tam za njih najugodnejši habitat, saj je za ta rod značilno življsko okolje z algami in morskimi travami (Števcic, 1990).

*Porcellana platycheles* naj bi bila zelo abundantna v celotnem Jadranu, kjer naseljuje zelo plitve vode, predvsem celotni bibavični pas (Števcic, 1990). Pri nas smo v vodah spodnjega mediolitorala zasledili le en primerek.

Največ deseteronožcev smo našli v infralitoralu, saj je okolje stabilnejše. Večina vrst, ki smo jih zabeležili, so bili plenilci. V infralitoralu se med algami in cvetnicam skriva veliko plena, kar nekaj vrst te skupine rakov pa se hrani z epifiti.

Identificirali smo 14 vrst deseteronožcev, 4 rodove, 1 družino, ter 1 nedeterminirano skupino, kar je znatno manj kot navajajo Graeffe (1902) in Manning & Števcic (1982). Razlog za to leži v dejstvu, da sta slednja nekaj vzorčenj opravila v litoralnem pasu (do globine 10 m), večino materiala pa je bilo zbranega iz sublitoralnih habitatov Piranskega zaliva. Predvidevamo pa tudi, da je uporaba metode kvadrata za večje rakovice slabo primerna.

Menimo, da smo naša vzorčenja izvedli reprezentativno, saj moramo poleg navedenega vzeti v zakup še dejstvo, da smo zaradi zahtev Vodne direktive vzorčili infralitoral le do globine 1 m. Če bi vzorčili globlje in na odprtem morju, bi gotovo zajeli veliko več vrst.



## Enakonožci

Tudi enakonožci so ena izmed bogatejših skupin rakov. O njihovi prisotnosti v Jadranu imamo le blede predstavo (Sket *in sod*, 2003). Graeffe navaja za Tržaški zaliv okoli 30 vrst (Sket *in sod*, 2003), kasnejši podatki pa so bolj skopi. Tekom naše raziskave smo našli 9 vrst, 10 drugih taksonov, ter 1 nedeterminirano skupino. Največ smo jih zasledili v zgornjem infralitoralu, z dominantnimi taksoni: *Dynamene torelliae*, *Cymodoce* sp. in vrstami iz družine Anthuridea; zelo pogosta vrsta spodnjega mediolitorala pa je bila *Dynamene edwardsi*. V infralitoralu so bolj abundantni, ker jim ustreza zavetje, ki ga najdejo med gostimi naselji alg. Če bi vzorčevali globlje (v infralitoralu), bi nedvomno našli še več vrst. Po Sketu *in sod*. (2003), je tudi današnja sestava povsem drugačna od tiste, ki jo je leta 1902 navedel Graeffe.

## Škarjevke

Podatki o navzočnosti škarjev v Jadranu so skopi. Novejše podatke je za slovensko morje objavil Fišer (2004). Vzdolž slovenske obale je med leti 2001-2003 našel 4 vrste škarjev, vendar njegovo delo ni zajemalo natančne opredelitve, v katerem globinskem pasu se posamezna vrsta nahaja. Zgodnejše raziskave slovenskega morja (Avčin *in sod.*, 1974; Vrišer, 1978, 1984, 1989, 1991) navajajo tri vrste. Tudi mi smo zasledili tri vrste. *T. dulongi* je bila daleč najabundantnejša v spodnjem mediolitoralu, *L. savigny* pa v zgornjem mediolitoralu. Obe vrsti sta splošno razširjeni in ju najdemo tudi v onesnaženem okolju (Fišer, 2004). Kot zanimivost smo v spodnjem mediolitoralu zasledili vrsto iz rodu *Zeuxo*, ki je bila na tem območju zabeležena prvič. Naši podatki se ujemajo s predhodnimi raziskavami.

Podatkov o vertikalni razširjenosti mizidov in repačev za Jadran ni, tako da podatkov ne morem primerjati. Sicer pa skupini predstavljata relativno majhen delež rakov, tako da ju obravnavamo kot manj pomembni.

Ker imamo o favni morskih rakov v Sloveniji še dokaj nepopolno sliko, menimo da to delo predstavlja pomemben prispevek k poznavanju favne rakov obražnih pasov Tržaškega zaliva.

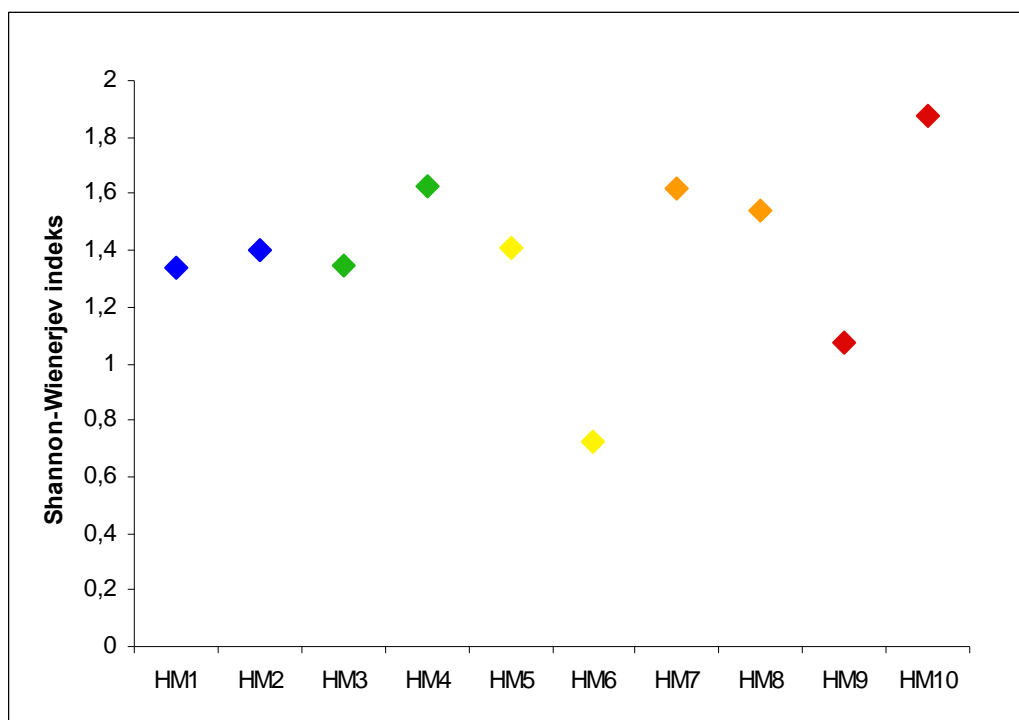
## 4.3 EKOLOŠKA OPREDELITEV POSTAJ

Odnos med ocenjenim ekološkim stanjem vzorčevanih postaj oziroma morfološko spremenjenost obale vzorčnih postaj, številom vrst, ki smo jih našli na postajah in Shannon-

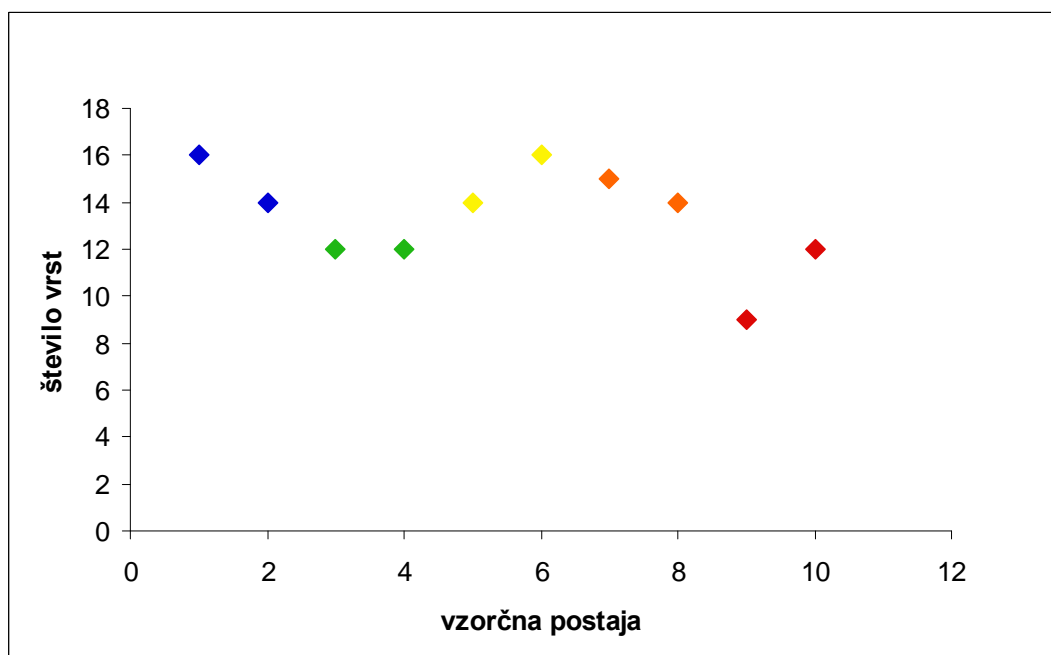
Wienerjevim diverzitetnim indeksom je prikazan na slikah 4.1 in 4.2. Postaje HM6-HM8 imajo razmeroma visoko število vrst, glede na to da so bile opredeljene kot obale z občutno oziroma močno morfološko spremenjenostjo, vendar je abundanca nekaterih vrst zelo nizka. Na posamezni postaji namreč lahko najdemo le nekaj osebkov določene vrste, kar nam pove, da je vrsta tu zelo redka in s tem diverziteteta nižja. Diverzitetni indeks pa nam pove tudi kako enakomerno zastopane so vrste določene združbe. Na sliki 4.2 vidimo odstopanja pri postaji HM4 in še bolj neobičajna odstopanja pri postajah HM7, HM8 in HM10. Vse te postaje imajo namreč visoke diverzitetne indekse, kljub temu, da imajo slabše ocenjeno ekološko stanje. Na omenjenih postajah bi zaradi specifičnih razmer pričakovali dominanco nekaterih vrst in s tem nižjo diverziteteto. Očitno imajo populacije vrst, ki živijo na teh postajah na razpolago dovolj ekoloških niš, ki jim omogočajo preživetje in razmnoževanje. Zanimiva je postaja HM6, kjer smo našli skoraj najvišje število vrst, vendar nekatere izmed vrst močno dominirajo, kar nakazuje nizko diverziteteto (slika 4.2). V zgornjem mediolitoralu dominirajo predvsem vitičnjaki vrste *Chthamalus montagui*, saj jim ustreza betonska stena, ki jim služi kot pritrjevalna površina, ugaja pa jim tudi okolje bogato s hranili, saj je to obala ob mladinskem zdravilišču Rdeči križ in je tu antropogeni vpliv močan. Na sliki 4.3 opazimo, da se diverziteteta te vzorčne postaje z globino viša, kar lahko razložimo z dejstvom, da je tam antropogeni vpliv šibkejši. Podobno velja za vse vzorčne postaje, posebej pa je izrazita pri postajah s slabše opredeljenim ekološkim stanjem (slika 4.3). Značilno je torej, da je diverziteteta nižja v zgornjem mediolitoralu in se z globino, kjer je vpliv človeka manjši, viša. Na skoraj vseh vzorčnih postajah (razen referenčnih-HM1 in HM2) so bile v zgornjem in spodnjem mediolitoralu prisotne ali betonska stena ali večje apnenčaste skale. To je tudi razlog za razvoj specifičnih združb, predvsem za vitičnjake, ki smo bili še posebej pogosti v naših vzorcih zgornjega mediolitorala. Prav tako lahko to pojasnimo s Pieloujevim indeksom (preglednica 3.6), ki nam pokaže, da se enakomerna zastopanost vrst z globino povečuje. Pričakovane trendne linije padanja diverzitetete z izrazitejšo morfološko spremenjenostjo obale nismo dobili. Deloma je bil tak tend očitno le na postajah HM6 (mladinsko zdravilišče Rdeči križ) in HM9 (Laguna Bernardin) (slika 4.1).

Orlando-Bonaca *s sod.* so statistično značilno korelacijo ugotovili med zoobentoško združbo in naslednjimi okoljskimi dejavniki zgornjega mediolitorala: sestavo podlage (beton, skale, alge, strukturiranost površine), zadrževanjem vode ter razredom morfološke spremenjenosti. Le na redke vrste prisotne v zgornjem mediolitoralu okoljski dejavniki nimajo posebno velikega vpliva. V spodnjem mediolitoralu so statistično značilno korelacijo ugotovili med

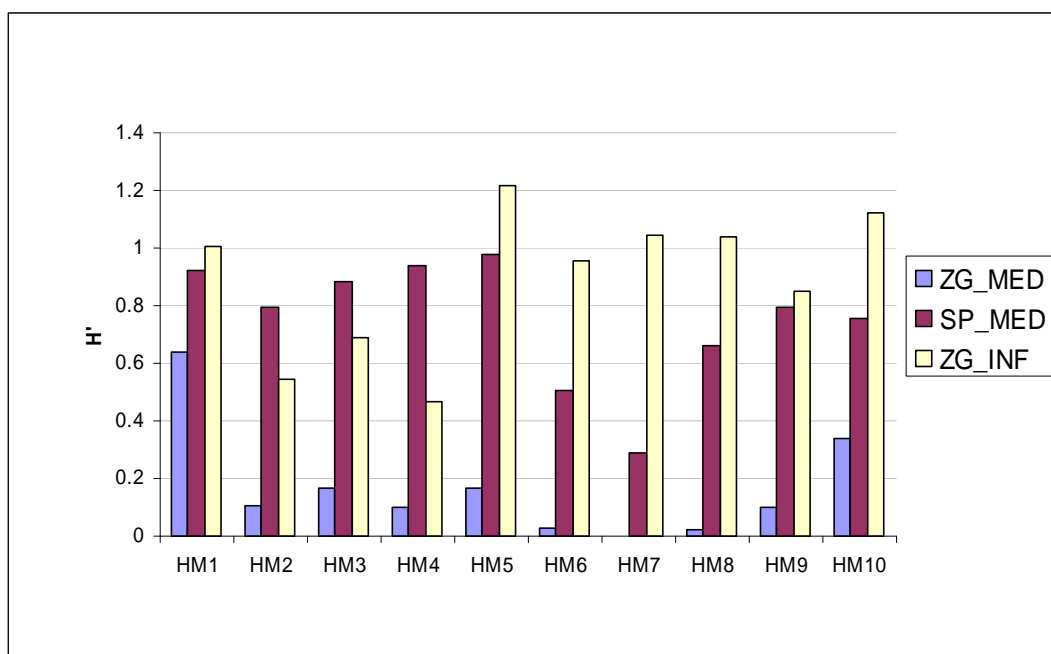
zoobentoško združbo in naslednjimi okoljskimi dejavniki: sestavo podlage (beton, skale peščenjaka, apnenčaste skale, manjši in večji kamni), algami, strukturiranostjo površine, zadrževanjem vode ter razredom morfološke spremenjenosti. Ugotovili so, da razred morfološke spremenjenosti narašča, kjer je prisoten beton, medtem ko sta zadrževanje vode in strukturiranost površine v višji korelaciji z betonom kot s kamni. Vrste so v spodnjem mediolitoralu bolj enakomerno razpršene kot v zgornjem mediolitoralu (kjer je manj vrst). Vsekakor sta v spodnjem mediolitoralu opazni dve večji skupini: prva zajema vrste, ki kažejo preferenco za apnenčaste skale, druga pa vrste, ki kažejo preferenco za makroalge in kamne. V zgornjem infralitoralu so statistično značilno korelacijo ugotovili med zoobentoško združbo in naslednjimi okoljskimi dejavniki: sestavo podlage (beton in skale), algami, strukturiranostjo površine, zadrževanje vode ter razredom morfološke spremenjenosti). Vrste so v zgornjem infralitoralu skoraj enakomerno razpršene. Največja gostota vrst je tam kjer so prisotne alge iz ESGI (preglednice 2.2-2.4) in tam, kjer je prisoten beton (Orlando-Bonaca *in sod.*, 2008).



**Slika 4.1:** Odnos med Shannon-Wienerjevim indeksom diverzitete in ekološkim statusom vzorčne postaje. Barve označujejo razrede hidromorfoloških sprememb vzorčnih postaj: modra-naravna, zelena-zmerna, rumena-občutna, oranžna-močna, rdeča-zelo močna.



Slika 4.2: Odnos med vrstno pestrostjo in ekološkim statusom vzorčne postaje. Barve označujejo razrede morfoloških sprememb vzorčnih postaj: modra-naravna, zelena-zmerna, rumena-občutna, oranžna-močna, rdeča-zelo močna.



Slika 4.3: Shannon-Wienerjev indeks diverzitete na posameznih vzorčnih postajah in globinskih pasovih.

## 5 POVZETEK

Čeprav je bil Tržaški zaliv zibelka morske biologije, je živalstvo tega območja še vedno nepopolno raziskano. To velja tudi za različne skupine rakov (Crustacea). Cilji moje naloge so bili izvesti kvantitativno in kvalitativno analizo favne različnih skupin rakov v obrežnem pasu kamnitega dna (mediolitoral in zgornji infralitoral), ugotoviti odnos med dominanco vrst in biotskih oziroma abiotskih dejavnikov in opredelitev indikatorskih vrst za posamezne habitatne in mikrohabitatne tipe v izbranih pasovih. Živali smo vzorčili s standardno metodologijo: z metodo kvadrata, pri čemer smo v infralitoralno za lažje vzorčenje uporabili zračno črpalko (sorbono). Po tem, ko smo v laboratoriju rake določili do najnižjega možnega taksona, smo podatke obdelali z standardnimi statističnimi metodami. Rezultati so pokazali, da je tako abundanca kot razporeditev glavnih skupin rakov odvisna od globinskih pasov, rahlo pa se med postajami razlikuje tudi glede na različno morfološko spremenjenost obale. V zgornjem mediolitoralno, kjer povsem prevladujejo raki vitičnjaki z vodilno vrsto *Chthamalus montagui*, smo našli 3.201 živali, v spodnjem mediolitoralno je bilo živali nekaj manj in sicer 2.245, poleg vitičnjakov se v tem pasu z večjim deležem pojavljajo tudi druge skupine, predvsem škarjevka *Tanais Dulongi* in enakonožni rak *Dynamene edwardsi*. V zgornjem infralitoralno smo prešteli največ živali, 11.182. Velik odstotek vseh živali so zavzele postranice, kar 82%, sledijo jim deseteronožci in enakonožci. Zgornji infralitoral, kjer je človeški vpliv najmanjši, se je izkazal za vrstno najbogatejši pas.

## 6 VIRI

ARSO. Narava in biotska raznovrstnost.

[http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/biotska\\_raznovrstnost.pdf](http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/biotska_raznovrstnost.pdf) (5. mar. 2010)

Avčin A., Meith-Avčin N., Vukovič A. & Vrišer B. 1974. Primerjava bentoških združb Strunjanskega in Koprškega zaliva z ozirom na njihove polucijsko pogojene razlike. *Biol. vest.* 22: 171-207.

Barnes R.S.K. in Hughes R. N. 1990. An introduction to marine biology. Blackwell publishing company: 286 str.

Battelli C. & Dolenc-Orbanić N. 2009. Prispevek k poznavanju vitičnjakov (Crustacea, Cirripedia) na kamnitem slovenskem obrežju (Tržaški zaliv, Severno jadransko morje). Univerza na Primorskem-Koper. *Varstvo narave* 22: 81-91. [http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2009/Battelli\\_1570.pdf](http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2009/Battelli_1570.pdf) (2. mar.2010)

Bellan-Santini D., Bellan G., Bitar G., Harmelin J.G. & Pergent G. 2002. Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas. Action Plan for the Mediterranean. United Nations Environment Programme. 217 str.

Bellan-Santini D. 1969. Contribution a l'étude des peuplements infralittoraux sur substrats rocheaux (étude qualitative et quantitative de la frange supérieure). *Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume* 47 (=63): 5–294.

Benedetti-Cecchi L., Airoidi L., Frascchetti S. & Terlizzi A. 2003. Metodi sperimentali per la valutazione di influenze antropiche su popolamenti ed ambienti marini costieri. In: Gambi MC, Dappiano M (eds) Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.*, 10(Suppl.): 199-222.

Benedetti-Cecchi L, 2009. Mechanisms Underpinning Diversity–Stability Relationships in Hard Bottom Assemblages. In: Wahl M (ed.), 2009. Marine Hard Bottom Communities Patterns, Dynamics, Diversity, and Change. Ecological studies. 206:391-405.

Bianchi C.N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Frascchetta S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C. & Bavestrello G. 2003. I fondi duri. In: Gambi M C,

- Dappiano M (eds) Manuale di metodologie di campionamento e studio del bentos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.*, 10 (Suppl.): 199-222.
- Bird J.G. 2001. Tanaidacea. In: Costello M.J., Emblow Ch., White R. (Ed.), European Register of Marine Species. A check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. *Patrimoine naturels* 50: 310-315.
- Bizjak J. 2008. Zavarovana območja v Sloveniji. Ljubljana, Gorenjski tisk: 95 str.
- Boudouresque C.F. & Belsher T. 1979. Une méthode de détermination de l'aire minimale qualitative. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 25-26: 273-275.
- Clarke K.R. & Warwick R.M. 1994. Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. Primer v4 & 5 Methods Manuals. Plymouth Marine Laboratory. Natural Environment Research Council, UK. Bourne Press Limited. Bournemouth, UK: 114.
- Falciai L. & Minervini R. 1992. Guida dei Crostacei Decapodi d'Europa. Padova: Franco Muzzio Editore, 282 pp.
- Fišer C. 2004. Prispevek k poznavanju škarjev (Tanaidacea: Peracarida: Crustacea) v slovenskem morju. Zveza za tehnično kulturo Slovenije. *Natura sloveniae* 6(1):11-17.
- Gambi M.C., Dappiano M., Lanera P. & Iacono B. 2003. Biodiversità e bionomia dei popolamenti bentonici dei fondi duri delle isole Flegree: analisi di diverse metodologie di studio. *Soc. Naz. Sc. Lett. Arti in Napoli: Mem. Acc. Sc. Fis. Mat.* 5.
- Ghirardelli E. 1981. La vita nelle acque. UTET., Torino.
- Giangrande A., Manconi R. & Pronzato R. 1986. Selective sampling method for hard bottom vagile fauna. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 30 (2): 265 pp.
- Gomez Garreta A., Gallardo T., Ribera M.A., Cormaci M., Furnari G., Giaccone G. & Boudouresque C.F. 2001. Checklist of the Mediterranean seaweeds. III. Rhodophyceae. *Botanica Marina* 44: 425-460.
- Graeffe E. 1902. Uebersicht der Fauna des Golfes von Trieste. V. Crustacea. *Arbeit Zoot. Inst. Wien*, 13(1): 1-48.
- Harrison K. & Ellis J.P. 1991. The Genera of the Sphaeromatidae (Crustacea: Isopoda): a Key and Distribution List. *Inver. Taxon*, 5, 915-952.
- Hayward P.J. & Ryland J.S. 1995. Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe. Oxford: Oxford University Press.
- Heller C. 1863. Die Crustaceen des südlichen Europa: Crustacea Podophthalmia: xi + 336 pp. Wien.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Species\\_evenness](http://en.wikipedia.org/wiki/Species_evenness) Pielou index (15.5.2010)

- Kolosváry G. 1947. Die Balaniden der Adria. *Annl. hist.-nat. Mus. natn. Hung.* 40: 1-88.
- Kolosváry G. 1951. Les Balanides de la Méditerranée. *Acta biol. Acad. Sci. Hung.* 2 (4): 411-413.
- Lipej L., Vrišer B., 1999. Biodiverziteteta in varstvo slovenskega morja na pragu 21. stoletja. Zbornik referatov: Stanje raziskanosti favne nevretenčarjev v slovenskem morju.
- Lipej L., Orlando-Bonaca M., Makovec T., 2004. Raziskovanje biodiverzitetete v slovenskem morju. Piran: Nacionalni inštitut za biologijo-Morska biološka postaja, 136 str.
- Lipej, L., Mozetič, P., Orlando-Bonaca, M., Mavrič, B., Šiško, M. & Bettoso, N. (2007). Opredelitev ekološkega stanja morja v skladu z Vodno direktivo (Water Framework Directive, 2000/60/EC). Dopolnjeno zaključno poročilo (Poročila MBP - Morska biološka postaja, 96), 180 str.
- Lamshead P.J.D., Platt H.M. & Shaw K.M., 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. His.* 17: 859-874.
- Manning R.B. & Števcic Z. 1982. Decapod fauna of the Piran gulf. *Quad. Lab. Technol. Pesca*, 3 (2-5): 285-304. Washington DC-USA, Rovinj-Yugoslavija.
- Matisz G. 1899. I vertebrati e le forme galleggianti nel Quarnero. *Mitt. Naturwiss. Club Fiume* 4: 27-59
- Matjašič J., Štirn J., Avčin A., Kubik L., Valentinčič T., Velkoverh F., Vukovič S., 1975. Flora in favna severnega Jadrana, prispevek 1.
- Montesanto B. & Panayotidis P. 2001. The *Cystoseira* spp. communities from the Aegean Sea (NE Mediterranean). *Mediterranean Marine Science* 2(1): 57-67.
- Naylor E. 1972. British Marine Isopods. Synopsis of the British Fauna No. 3. Academic Press London.
- NIB-MBP. 2003. Monitoring kakovosti morja v letu 2002. Letno poročilo. Piran. [http://www.arso.gov.si/vode/morje/Porocilo\\_morje\\_2002.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/morje/Porocilo_morje_2002.pdf) (24. feb. 2010)
- Orlando Bonaca, M., L. Lipej, B. Mavrič, G. Urbanič, B. Čermelj, M. Šiško, O. Bajt, J. Francé & P. Mozetič, 2008. Program opredelitve ekološkega stanja morja v skladu z Vodno Direktivo (2000/60/ES) v letih 2007-2008. Zaključno poročilo. Poročila 104. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 80 str.
- Paine R.T. 1984. Ecological determinism in the competition for space.



- Peres J. & Gamulin-Brida H. 1973. Biološka oceanografija. Bentos. Bentoska bionomija Jadranskog mora: 371-389.
- Pesta O. 1918. Die Decapodenfauna der Adria. Versuch einer Monographic: x + 500 pp. Leipzig and Wien.
- Riggio S. 1996. I Tanaidacei dei mari Italiani: quadro delle conoscenze. *Boll. Mus. civ. St. nat.* Verona 20: 583-698.
- Rindi F. & Battelli C. 2005. Spatio-temporal variability of intertidal assemblages of the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Botanica marina* 48: 96-105.
- Riedl R. 1983. Fauna und flora des Mittelmeeres.
- Sket B., Bole J., Benovič A., Brancelj A., Brglez J., Čuček M., Čurčič B., Kos I., Legac M., A. Jaklin, G. Karaman, I. Katavič, M. Kerovec, N. Mrsič, A. Malej, T. Novak, S. Petkovski, T. Petkovski, A. Polenc, V. Pujin, B. Radujkovič, Z. Stevčič, K. Tarman, A. Travizi, M. Velikonja, F. Velkovrh, Vidakovič J., Zavodnik D. 1991. Bogastvo in raziskanost jugoslovanske favne: nižji vretenčarji (Metazoa Invertebrata, ex Insecta). *Biološki vestnik* 39, 2: 37-52
- Sket B., Gogala M. & Kuštor V. 2003. Živalstvo Slovenije. Nižji nevretenčarji-Raki: 188-225
- Stalio L. 1877. Catalogo metodico e descrittivo dei Crostacei Podottalmi ed Edriottalmi dell'Adriatico. *Arti R. Ist. Veneto* (ser. 5) 3.
- Stossich M. 1880. Prospetto della fauna del mare Adriatico, III. *Boll. Soc. Adriat. sci. nat.* Trieste 6 (1): 178-271.
- Števcic Z. 1990. Check-list of the Adriatic decapod crustacea, *Acta Adriatica*, 31 (1/2), pp 183-274.
- Števcic Z. 1997. Morski deseteronožni raci kvarnerske regije. *Prirodoslovna istraživanja riječkog područja. Rovinj-Hrvatska*: 647-661.
- Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana: 547pp.
- The European parliament and the Council of the European Union. 2000. Official Journal of the European Communities. Directive 2000/60/EC of the european parliament and of the council of 23 October 2000-Establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Turk T. 2007. Pod gladino Mediterana. 1. izdaja. Ljubljana, Modrijan založba, d.o.o.: 590 str.

- Unep 1998. Draft classification of marine habitat types for the Mediterranean region. Mediterranean action plan. Meeting of experts on marine habitat types in the Mediterranean region. SPA/RAC, Tunis, 149/3: Annex I and II.
- Vrišer B. 1978. Raziskovanja biološke obrasti v Piranskem zalivu. *Biol. vest.* 26: 47-59.
- Vrišer B. 1984. Strukturne in kvantitativne značilnosti meiofavne v notranjosti Piranskega, Strunjanskega in Koprškega zaliva. *Biol. vest.* 32: 121-136.
- Vrišer B. 1989. Meiofavna južnega Tržaškega zaliva - I. Taksonomska struktura in abundanca. *Biol. vest.* 37: 65-76.
- Vrišer B. 1991. Meiofavna južnega Tržaškega zaliva – II. Problematika prostorske distribucije. *Biol. vest.* 39: 165-176.
- Vrščaj D. 1976. Prispevki k poznavanju infralitoralne združbe Piranskega zaliva- diplomsko delo. Ljubljana-Portorož: 1-8
- Zavodnik D. 1997. Prilozi morskoj fauni riječskog zaljeva. Prirodoslovna istraživanja riječskog područja: 633-637.
- Zavodnik D., Kovačić M., 2000. Index of marine fauna in Rijeka bay (Adriatic sea, Croatia). *Nat. Croat.* Vol. 9(4)
- Zavodnik D., Špan A., Zavodnik N., Šimunović A. & Antolič B. 1981. Benthos of the western coast of the Island Krk (Rijeka Bay, North Adriatic Sea). *Thalassia Jugosl.* 17: 289-340.
- Zavodnik D., Zavodnik N. & Igić LJ. 1978. Bentos Bakarskog zaljeva i problemi zagađivanja. *Pomorski zbornik* 16: 419-435.
- Zavodnik D. & Zavodnik N. 1994. Biološke značajke mora Brseštine. u: Brseč i Brseščina, izd. Čakavski sabor, Opatia. Liburnijske teme 8: 167-178.
- Wittmann K. J. 1977. Modification of association and swarming in North Adriatic Mysidacea in relation to habitat and interacting species. V: Keegan B.F., Ceidigh P.O. & Boaden P.J.S. (ur.), *Biology of benthic organisms*. Pergamon Press, New York: 605-612.

## ZAHVALA

Ob tej priložnosti se zahvaljujem prof. Lovrencu Lipeju za mentorstvo in strokovno vodstvo, prav tako se zahvaljujem Borutu Mavriču, ki mi je na prijateljski ravni vseskozi pri diplomu nudil strokovno pomoč. Zahvaljujem se tudi recenzentu prof. Borisu Sketu za popravljanje naloge in predsedniku komisije prof. Tomu Turku za sodelovanje.

Za pomoč in prijetne terene se zahvaljujem tudi drugemu osebju na Morski biološki postaji Piran, predvsem Martini Orlando-Bonaca, Žigatu Dobrajcu, Martini Quaggiotto, Valentini Pitacco, Almi in ostalim, ter osebju Oddelka za zoologijo, predvsem Gregorju Bračkotu in Cenetu Fišerju.

Rada bi se zahvalila mojemu očetu za spodbudo in motivacijo skozi študijska leta in moji mami za podporo. Prav tako se zahvaljujem Samotu, ki mi je nešteto krat pomagal pri varstvu otroka in Carole za nasvete in podporo. In nenazadnje še hvala moji omici za eno najboljših prijateljstev.

Hvala tudi mojemu sinu Naiu, ki mi je bil vseskozi motivacija in me končno umiril. ☺

Svojo zahvalo moram izraziti tudi mojim sošolkam za zelo prijetno sobivanje na BF, še posebej Simoni Gnidica, brez katere moja študijska leta še zdaleč ne bi bila tako zabavna.

Najlepša hvala tudi mojim ostalim prijateljicam: Jani, Kristini, Petri, Tini, Maji, Kati in še kateri (brez katerih spet ne bi šlo) za prijetne in neprijetne klepete, zabave, vsestransko podporo in smeh.

Na koncu pa naj se zahvalim še otoku Kauai, brez katerega v življenju verjetno ne bi našla pravega smisla.