

Università degli Studi della Toscana

**DIPARTIMENTO DI ECOLOGIA E SVILUPPO
ECONOMICO SOSTENIBILE**

**DOTTORATO DI RICERCA IN ECOLOGIA E GESTIONE DELLE
RISORSE BIOLOGICHE**

XX° Ciclo

**Studio della struttura del popolamento zooplanctonico
di un ambiente iperalino: le Saline di Tarquinia**

Settore scientifico disciplinare: BIO/07

COORDINATORE

Prof. Giuseppe Nascetti



TUTOR

Prof. Michele Scardi



DOTTORANDO

Dott. Federico Silvestri



Abstract

Ecological importance of Solar Saltworks is known especially for the presence of migratory birds, but little or nothing is known of the structure of other biological components.

Aim of this study was to determine the structure and the spatial and temporal variation of zooplankton in the decommissioned solar saltworks of Tarquinia (Italy).

This study is included in a larger project of characterization of all the biological components of the Solar saltworks. Zooplankton has been sampled by horizontal hauls using a net of 80 μ m mesh connected to a PVC frame. The development of the sampling technique was a substantial part of the research, because of the difficulty of sampling correctly in shallow waters with high salinity values and low zooplankton densities.

Four ponds of different salinities have been sampled monthly for a period of 12-18 months, filtering everytime a water volume of about four cubic meters.

Salinity gradient (40-190‰) had a clear effect on the abundance of zooplankton; in fact zooplankton densities and taxonomic richness were high in ponds with lower salinity values and low in hypersaline ponds.

Adult zooplankton was mainly formed of Copepods (90% of total abundance), while meroplankton was represented by Bivalvia Larvae. Among Copepods, euplanktonic forms, such as *Acartia clausi* and *Euterpina acutifrons* have disappeared after first months of sampling, and they were replaced by *Cyclopina gracilis* and phytal Harpacticoids. Among these, the more common forms belong to Thalestridae, Harpacticidae, Miracidae and Tisbidae families in mesohaline ponds, and to Ameiridae and Canthocamptidae in hypersaline ones.

Cladocera have never been found, and rotifers were rarely present in the saltworks. No evident seasonal changes have been observed in the monthly sampled ponds, although a common increase in the densities and in the taxonomic richness were noticed in spring in 75% of the ponds. Mesohaline ponds were similar among them, so the hypersaline ones.

The Protozoa Ciliate *Fabrea salina* was present only in ponds with salinity values higher than 130 ‰, in absence of other zooplankton forms, while the Anostracan *Artemia salina* was found only in one pond, at salinities of 250-270 ‰.

Phytoplankton Copepods linked to *Ruppia cirrhosa* have been screened along time in one pond. Harpacticoids and Cyclopoids found linked to *Ruppia* were the same present in water column too.

The composition of Tarquinia's saltwork zooplankton has been compared with that of two other similar plants. Few species are common to the three systems, among them the Calanoid Copepod *Acartia clausi*, the Harpacticoid *Tisbe* spp and the Ciliate *Fabrea salina*.

Riassunto

Scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di definire la struttura del popolamento zooplanctonico delle Saline di Tarquinia. Lo studio rientra nell'ambito di un più ampio progetto di caratterizzazione di tutte le componenti biologiche delle Saline di Tarquinia, condotto dal Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico e Sostenibile dell'Università degli Studi della Tuscia. Per tale Dipartimento, il momento di maggiore approfondimento della ricerca sulle Saline di Tarquinia è coinciso nell'esecuzione del Progetto Life Natura 02Nat/It/8523: "Recupero Ambientale della Riserva Naturale Saline di Tarquinia".

Prima del presente studio, un'unica investigazione dello zooplancton delle Saline di Tarquinia fu compiuta dal Dipartimento DECOS, con la collaborazione della Bioservice Srl, nel 1997. L'obiettivo del presente lavoro, quindi, è quello di riprendere quanto era stato intrapreso in quell'occasione, concentrandosi con maggiore dettaglio e approfondimento sulla struttura dello zooplancton di quest'ambiente e sulle sue variazioni nello spazio e nel tempo.

Una fase iniziale del lavoro è stata esclusivamente dedicata allo sviluppo di una tecnica di campionamento dello zooplancton, che fosse ottimale per le vasche delle saline, caratterizzate da altezze ridotte della colonna d'acqua e da basse densità dello zooplancton. A tale scopo è stato realizzato un sistema di campionamento, capace di filtrare grandi quantità d'acqua, costituito da una struttura portante in PVC, alla quale è stato legato un retino con maglia di 80 μm . Con questo apparato sono state eseguite retinate orizzontali e sono stati filtrati ogni volta, mediamente 4000 l d'acqua. La tecnica di campionamento si è rivelata efficace e ha permesso di ricostruire in maniera completa e rappresentativa la composizione dello zooplancton nelle Saline.

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è stato campionato per circa 18 mesi, in più stazioni a differente salinità, ed è risultato essere costituito principalmente da Copepodi e in minor misura da forme meroplanctoniche, tra cui prevalgono le larve di Lamellibranchi.

L'abbondanza e la ricchezza tassonomica dello zooplancton hanno mostrato tendenza a ridursi all'aumentare della salinità; nelle vasche iperaline solo pochi taxa sono riusciti a sopravvivere, con densità peraltro basse.

I Copepodi Arpacticoidi sono il gruppo che ha presentato maggiori capacità adattative alle condizioni chimico-fisiche e ambientali delle acque delle Saline. Alcune specie sono state ritrovate, infatti, fino a salinità di 110 PSU; anche nelle vasche mesoaline si sono presentati con abbondanze maggiori e con il più alto numero di taxa.

Le variazioni dello zooplancton non hanno seguito andamenti stagionali in nessuna delle vasche campionate e la salinità sembra essere stato il fattore ecologico più importante nel selezionare il tipo di popolamento zooplanctonico.

INDICE

1 FINALITÀ DEL LAVORO.....	3
2 INTRODUZIONE.....	6
2.1 Le Saline: sistemi produttivi a elevata efficienza nel rispetto dell'ambiente.....	6
2.2 Le Saline: l'ecosistema a sostegno dell'industria.....	9
2.3 Le Saline: aspetti bioecologici.....	11
2.3.1 Lo zooplancton delle Saline.....	12
2.3.2 Le altre componenti biologiche delle Saline.....	14
2.4 Le Saline: una prospettiva per l'acquacoltura.....	18
2.5 L'area oggetto di studio: le Saline di Tarquinia.....	20
2.5.1 Caratteristiche biologiche delle Saline di Tarquinia.....	25
3 MATERIALI E METODI.....	28
3.1 Stazioni di campionamento.....	28
3.2 Campionamento dello zooplancton.....	34
3.3 Misura di densità e biomassa dello zooplancton.....	42
3.4 Campionamento dei Copepodi associati a <i>Ruppia cirrhosa</i>	44
3.5 Riconoscimento tassonomico.....	47
3.6 Parametri ambientali.....	49
3.7 Analisi statistiche dei dati.....	50
4 RISULTATI E DISCUSSIONE.....	51
4.1 Parametri ambientali.....	51
4.1.1 Salinità.....	51
4.1.2 Temperatura.....	55
4.1.3 pH.....	56

4.1.4 Altezza della colonna d'acqua.....	57
4.1.5 Parametri meteo climatici.....	59
4.2 Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia: analisi descrittiva.....	60
4.2.1 Caratteristiche generali.....	60
4.2.2 Stazione 1.....	68
4.2.3 Stazione 2.....	84
4.2.4 Stazione 3.....	97
4.2.5 Stazione 4.....	106
4.3 Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia: analisi dei dati.....	113
4.3.1 Analisi delle Coordinate Principali.....	114
4.3.2 Analisi delle Corrispondenze e altri test statistici.....	117
4.4 Lo zooplancton delle altre stazioni di campionamento.....	125
4.5 Copepodì associati a <i>Ruppia cirrhosa</i>	128
4.6 Confronto tra le comunità zooplanctoniche delle Saline di Tarquinia e di altre Saline del Mediterraneo.....	133
 5 CONCLUSIONI.....	 139
 APPENDICI	
1 Caratteristiche morfologiche ed ecologiche dei principali taxa identificati.....	148
2 Foto dei principali organismi zooplanctonici campionati.....	199
3 Matrice di dati utilizzata per le analisi statistiche.....	211
 BIBLIOGRAFIA.....	 217
 RINGRAZIAMENTI.....	 229

1 Finalità del lavoro

L'idrobiologia degli ambienti lagunari costieri iperalini è un settore di studio scientifico particolarmente interessante alla luce delle forti pressioni ambientali che in tali tipi di zone umide selezionano biocenosi tipicamente adattate a condizioni estreme.

Tra le tante tipologie di ambiente lagunare costiero iperalino le Saline si possono considerare aree seminaturali, poiché nascono come sistema artificiale e sviluppano nel corso della loro vita comunità biologiche proprie e tipiche.

Le Saline di Tarquinia, l'area oggetto di studio in questo lavoro, in particolare, stanno progressivamente perdendo i connotati di area artificiale, da quando, nel 1997, la produzione del sale è cessata e si stanno trasformando in un vero e proprio ecosistema lagunare costiero iperalino, dove l'impatto antropico è fortemente ridotto e le comunità biologiche si sviluppano in modo sempre più naturale.

Le Saline di Tarquinia, per il Dipartimento DECOS dell'Università degli Studi della Toscana, sono, da diversi anni, oggetto di studi ed approfondimenti ecologici. Nel 2002 è stato finanziato dalla C.E. il Progetto Life-Natura "Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia", finalizzato alla conservazione della zona umida costiera tramite interventi di risanamento ambientale. Il progetto Life è entrato nella fase operativa a Gennaio 2005, con l'inizio dei lavori di asporto del sedimento da una porzione dell'impianto, che comprende i bacini chiamati "Sterro" e "Piscine".

Il presente lavoro ha come obiettivo quello di definire la struttura e le dinamiche spaziali e temporali delle componenti zooplanctoniche in questo ecosistema e vuole rappresentare, in tal senso, un consistente approfondimento di un'iniziale e generale caratterizzazione dello zooplancton compiuta in occasione della dismissione dell'impianto (Nascetti et al., 1998); in quella circostanza lo zooplancton venne caratterizzato insieme ad altre componenti biologiche, e per l'occasione fu utilizzato, tra l'altro, un approccio sperimentale completamente diverso da quello sviluppato per il presente studio.

Lo zooplancton costituisce un anello importante nelle reti trofiche pelagiche degli ecosistemi acquatici perché è il primo utilizzatore delle energie accumulate con i

processi di fotosintesi e, al tempo stesso, rappresenta una rilevante fonte di cibo per il necton (pesci).

Per un ambiente come le Saline, che si caratterizza per avere corpi idrici estesi in superficie e poco sviluppati in altezza, sarà necessario progettare, sviluppare e sperimentare una metodologia di campionamento idonea per lo zooplancton presente in queste acque.

Ad oggi in letteratura ci sono pochi studi incentrati sui popolamenti zooplanctonici di Saline (Yúfera et al., 1984; Yufera, 1985; Pavlova, et al., 1998; Davis, 2000; Thiery & Puente, 2002; Toumi et al., 2005; Davis, 2006; Sundararaj et al., 2006).

In questo lavoro ci si prefigge di comprendere se ed in che modo le forti pressioni ecologiche di un ambiente selettivo, come le Saline di Tarquinia, influenzano la ricchezza tassonomica, l'abbondanza e la variazione nello spazio e nel tempo del popolamento zooplanctonico e quindi si propone di valutare le capacità delle singole specie di resistere alle pressioni ambientali.

Per fare ciò dovrà essere scelta una tecnica di campionamento dello zooplancton adatta per le vasche delle Saline di Tarquinia, caratterizzate da un'altezza molto ridotta della colonna d'acqua. Il metodo di campionamento dovrà essere quanto più rappresentativo dell'effettiva composizione dello zooplancton nelle diverse vasche. Prima dell'inizio della fase di campionamento saranno perciò confrontati più sistemi e si sceglierà quello che fornisce risultati migliori.

Messa a punto la tecnica di campionamento, si porrà poi particolare attenzione a verificare, in primo luogo, l'esistenza di un gradiente salino e a studiare gli effetti di questo sulla ricchezza in taxa e sull'abbondanza dello zooplancton.

La scelta delle stazioni di campionamento, quindi, sarà fatta, seguendo il gradiente salino ed il grado di confinamento delle stazioni e la frequenza di campionamento sarà tale da poter eventualmente correlare le variazioni dei parametri ambientali con l'evoluzione spaziale e temporale dello zooplancton.

Un'altra finalità dello studio è quella di porre le basi per la comprensione del funzionamento delle reti trofiche all'interno delle Saline. In tal senso il censimento dettagliato delle specie zooplanctoniche presenti nel sistema rappresenterà un importante tassello per la definizione delle catene alimentari del pascolo e del detrito nelle Saline di Tarquinia. Gli organismi zooplanctonici, infatti, nutrendosi sia di fitoplancton, sia di materiale in decomposizione sono, in entrambe le catene alimentari, l'anello di collegamento tra la base e i vertici, in cui si trovano i pesci e gli uccelli.

In passato le Saline di Tarquinia sono state l'oggetto di studi specifici su *Artemia salina*, finalizzati soprattutto all'approfondimento della genetica delle popolazioni di quest'Anostraco. Questo lavoro di tesi punterà, quindi, ad determinare, con il massimo dettaglio possibile, se *Artemia salina* è ancora presente ed in quali settori delle Saline si trova, per poi in futuro poterla isolare e proseguire negli studi molecolari.

Lo studio è finalizzato anche al confronto tra la composizione tassonomica dello zooplancton di diverse Saline. Saranno, a tal fine, raccolti dati bibliografici e liste di specie di diverse Saline del Mediterraneo e si effettueranno dei campionamenti appositi nelle Saline di Margherita di Savoia, in Puglia. Si vuole verificare se la diversa struttura e il diverso tipo di gestione delle Saline possano influenzare la composizione in specie dello zooplancton.

Letteratura scientifica su ambienti lagunari poco profondi ha messo in risalto che gli organismi che sono campionati in colonna d'acqua sono spesso gli stessi che vivono legati a fusti e foglie di macrofite sommerse o nelle loro immediate vicinanze, (Hicks 1980; Bell et al., 1987; Arroyo et al., 2006).

Nelle Saline di Tarquinia, in parallelo al campionamento dello zooplancton, occasionalmente e in determinate stazioni, saranno fatti prelievi di *Ruppia cirrhosa* e di altre macroalghe e se ne caratterizzerà la composizione dei Copepodi associati. L'obiettivo è quello di confrontare la composizione in specie degli organismi campionati in colonna d'acqua, con quelli legati alla vegetazione acquatica.

È noto che alcune specie zooplanctoniche possono essere utilizzate come buoni indicatori dello stato di qualità delle acque (Bianchi et al., 2003). In tal senso, una delle finalità di questo studio è anche quella di monitorare lo stato di qualità delle acque delle Saline di Tarquinia verificando nel corso del tempo la presenza e l'abbondanza nelle Saline di questi organismi indicatori.

Questo lavoro di caratterizzazione dello zooplancton delle Saline di Tarquinia è finalizzato anche a verificare la presenza di specie potenzialmente utilizzabili anche a scopi commerciali, per l'acquacoltura. Ci si prefigge di individuare eventuali serbatoi di specie utilizzabili per colture e, in via preliminare, di osservare quali siano nel sistema oggetto d'indagine i limiti di tolleranza alle variazioni dei parametri chimico-fisici per ciascuna di queste specie.

2 Introduzione

2.1 Le Saline: sistemi produttivi a elevata efficienza nel rispetto dell'ambiente

Le Saline sono strutture industriali destinate all'estrazione e produzione del sale. Le classiche Saline sono costituite da una serie di vasche tra loro interconnesse attraverso le quali l'acqua di mare è pompata, scorre, evapora per azione dell'insolazione e del vento e deposita cloruro di sodio. Il sale che n'è estratto, è pressoché puro, utilizzabile dalle industrie e il processo di estrazione avviene con costi molto contenuti. Dopo che il sale ha formato uno strato di 10-15 cm, il cloruro di sodio è raccolto, lavato e stoccato e la purezza raggiunta è circa del 99%. L'altezza della colonna d'acqua si riduce progressivamente dal punto in cui è pompata l'acqua di mare verso le vasche di evaporazione, stoccaggio e cristallizzazione del sale. Ad una riduzione dell'altezza della colonna d'acqua corrisponde un progressivo incremento della salinità, a cui si può accompagnare anche una moderata riduzione dell'ossigeno disciolto ed un incremento del pH.

La posizione ideale delle Saline è in prossimità del mare, affinché il dispendio per il pompaggio dell'acqua di mare nella prima vasca di evaporazione sia ridotto al minimo. Le caratteristiche strutturali tipiche delle Saline prevedono che si venga a creare un gradiente salino tale da favorire la cristallizzazione finale.

Esistono tre tipi principali di Saline (Davis, 2006): quelle che lavorano in continuo, quelle stagionali e le Saline artigianali. Le prime due sono completamente meccanizzate, usano tecniche moderne e strumentazioni per il controllo della salamoia e arrivano a produrre da 100000 fino a 7000000 tonnellate di sale l'anno; il sale è prodotto principalmente dal processo cloro-alcalino. Le Saline artigianali sono di dimensioni più ridotte, utilizzano meno tecnologia e meccanizzazione e il sale prodotto è destinato direttamente al consumo umano.

Le Saline che operano in continuo naturalmente richiedono climi secchi con ridotte precipitazioni annuali, mantengono un gradiente salino desiderato nelle loro vasche per tutto l'anno e la raccolta del sale avviene una o più volte nel corso di un anno. Tipicamente questo tipo di Saline presenta un pavimento di sale depositato sul fondo delle vasche di cristallizzazione, consistente in uno strato oscillante tra i 4 e i 15 cm,

sopra il quale si raccoglie il sale. Il pavimento salino garantisce raccolte di sale di ottima purezza.

Le Saline ad andamento stagionale si trovano in aree con climi più temperati e funzionano soltanto durante le stagioni più secche, con una produzione di sale più ridotta e senza la formazione del tappeto di sale. Questo è raccolto manualmente dal suolo nativo compattato. Nelle Saline a funzionamento stagionale delle regioni mediterranee le salamoie concentrate dalle vasche di cristallizzazione sono stoccate in apposite riserve e ad una certa profondità, al fine di ridurre l'effetto dell'impatto di precipitazioni ed altri influssi di acqua dolce, e quando ciò avviene, si provvede opportunamente a far defluire l'acqua per evitare la diluizione della salamoia.

Nelle tipiche Saline a ciclo continuo (Sundararaj et al., 2006), nelle vasche evaporanti la colonna d'acqua si riduce progressivamente di altezza per favorire la concentrazione della salamoia, che appena formata viene stoccata in apposite vasche definite "riserve" e di qui passa poi alle vasche di cristallizzazione dove avviene la precipitazione del sale. Il gradiente salino si viene a formare a valle delle vasche evaporanti, le quali hanno come unica funzione quella di determinare una progressiva riduzione dell'altezza della colonna d'acqua, e garantisce la precipitazione dei sali con più bassa solubilità, prima il carbonato di calcio e poi il solfato di calcio (gesso).

Il cloruro di sodio è il sale principalmente prodotto e commercializzato, ma anche altri sali possono essere lavorati come prodotti secondari e tra questi ricordiamo il solfato di potassio, il cloruro di potassio e il carbonato di sodio.

Le Saline, in tutto il mondo, garantiscono un'importante sorgente di sale per l'umanità utilizzando tecnologie e produzioni molto rispettose dell'ambiente; è risaputo, infatti, che sono molto ridotti i consumi di materie prime ed i costi di gestione delle Saline e, per quanto concerne la quantità e la tipologia di rifiuti prodotti, le Saline producono inoltre una ridottissima quantità d'effluenti. Abbiamo, infatti, soltanto i cosiddetti "bitterns" (Davis, 1999), che rappresentano il supernatante liquido sopra del sale depositato nel cristallizzatore; questi costituiscono meno del 5% del volume complessivo d'acqua in ingresso dal mare. Questo effluente, nelle Saline di più ridotte dimensioni, può essere riversato in mare senza nessuna conseguenza per il corpo recettore, mentre nelle Saline più grandi dovrà essere stoccato in apposite vasche per ottenere ancora sale o può essere ulteriormente processato per ottenere altri Sali, che possono essere purificati ed utilizzati come fertilizzanti naturali in agricoltura. Una sintesi della compatibilità ambientale delle Saline è riassunta in figura 1.

Salt Manufacture Aids the Environment

Low energy input by humans (fuel, power)

Minimal impact on the marine environment

Ponds occupying the largest surface area have organisms similar to estuarine biota

Impact of waste product (bitterns) is minimal

- when gradually released
- when retained on the saltworks
- when used for extraction of magnesium, potassium, etc.
- has medicinal value (thalassiotherapy)

Product is

- essential to life
- does not change in transit
- is non-toxic to environment

Sanctuary of wildlife, particularly birds

- food during entire year
- free of tide influences
- free of hunting pressure
- some saltworks construct of install
 - nestin sites
 - islands to exclude predators
 - fencing to exclude introduced animals
 - pumps to keep water levels from changing

Figura 1. La produzione del sale aiuta l'ambiente (da Davis, 1999).

2.2 Le Saline: l'ecosistema a sostegno dell'industria

Ciò che più interessa, oltre agli aspetti tecnologici e commerciali delle Saline, sono le biocenosi che costituiscono questo tipo d'ambiente e come queste possono essere utili per il funzionamento delle Saline, che rappresentano un luogo di transito e stazionamento di specie rare e di gran pregio e valenza ecologica.

Il successo del funzionamento e delle rese delle Saline si fonda sulle comunità biologiche che vi s'instaurano e al tempo stesso sono proprio le condizioni ambientali a selezionare e mantenere le comunità stesse. Le comunità microplanctoniche, ad esempio, favoriscono la produzione del sale, colorando l'acqua per aumentare l'assorbimento della luce solare e quindi incrementare l'evaporazione e creando e mantenendo appropriate quantità di sostanza organica che rafforza l'intero sistema biologico. Le comunità bentoniche sigillano il fondo delle vasche e impediscono l'infiltrazione dell'acqua, rimuovono fosforo e azoto e mantengono lo spessore desiderato nelle vasche. Un sistema biologico mantenuto a condizioni desiderate garantisce una produzione continua ed economica di sale di grandissima purezza. La maggior parte dei nutrienti richiesti dalle comunità residenti nelle vasche proviene dal mare, ma quando l'apporto non è sufficiente, gli uccelli che vi stazionano forniscono, attraverso il guano, la quantità necessaria per lo sviluppo e il mantenimento della comunità, e la stessa funzione può essere svolta dai batteri e dalle alghe capaci di fissare l'azoto. Quando il problema è l'opposto, e l'azoto e il fosforo sono in concentrazioni eccessive, il sequestro dei nutrienti avviene da parte delle comunità bentoniche.

In figura 2 è schematizzato in che modo le comunità biologiche cooperano al funzionamento delle Saline.

The Environment Aids Salt Manufacture

- Provides cost-free energy for water evaporation**
- Allows development of biological systems essential to salt production**
- An array of appropriate organisms at each salinity range provides**
 - Light for photosynthesis
 - Nutrients
 - dissolved in the intake water
 - from birds
 - from nitrogen-fixing microorganisms

Figura 2. L'ambiente favorisce la produzione del sale (da Davis, 1999).

2.3 Le Saline: aspetti bioecologici

La presenza all'interno delle Saline di specie rare e di grande pregio ecologico di uccelli migratori ha convinto l'opinione pubblica che le Saline non rappresentino soltanto un impianto nato per appropriarsi in maniera indebita di terreno e per soddisfare meri scopi commerciali, ma costituiscano invece un'area di grandissima rilevanza ecologica da proteggere e conservare. Le vasche delle Saline divengono così una parte integrante del paesaggio (Takekawa et al., 2006). La presenza di specie aviarie di tale pregio è il risultato dello sviluppo di una rete trofica all'interno delle Saline, che sarà spiegata nelle singole componenti.

La struttura delle comunità biologiche delle Saline risponde fortemente ai parametri chimico-fisici e ambientali e alle loro brusche ed improvvise variazioni, cambiando anch'essa repentinamente. Uno dei parametri che sicuramente più di altri influenza la biologia delle Saline, è il gradiente salino che si viene a formare al suo interno. Nelle Saline, la salinità tende progressivamente a salire all'aumentare dell'evaporazione fino al raggiungimento del punto di saturazione per il cloruro di sodio; questo processo può ridursi qualora vi siano infiltrazioni d'acqua dolce, che può diluire l'acqua di mare pompata nelle vasche di prima evaporazione e rendere queste ultime salmastre. Le comunità biologiche come conseguenza della formazione del gradiente salino si semplificano e sono progressivamente selezionate specie eurialine, fino poi alla scomparsa di ogni forma di vita fatta eccezione per i microrganismi alofili.

Come la variazione della salinità segue solitamente un ciclo stagionale, con incrementi all'aumentare dell'insolazione e della temperatura atmosferica e decrementi con l'apporto d'acque dolci attraverso le precipitazioni, anche la temperatura delle acque delle vasche segue un andamento simile, al punto che i due parametri mostrano spesso una correlazione positiva. L'altezza della colonna d'acqua, al contrario, di solito è inversamente correlata con le variazioni di salinità e temperatura e, come questi fattori, è fortemente influenzata dai parametri climatici, piovosità e temperatura atmosferica. Meno prevedibili, invece, sono le variazioni dell'ossigeno disciolto e del pH e della torbidità all'interno delle vasche; questi fattori, infatti, risentono meno dei parametri climatici e rispondono maggiormente a fattori intrinseci alle vasche, e possono quindi dipendere dalla natura delle comunità biologiche presenti all'interno delle vasche, dalla

tipologia del fondo, dalla quantità di sostanza organica presente etc. In ogni caso, nella maggior parte delle Saline su cui sono stati misurati parametri chimico-fisici, il pH è tendenzialmente alcalino, l'ossigeno disciolto diminuisce all'aumentare di temperatura e della salinità e la torbidità dell'acqua aumenta all'aumentare della salinità, per diminuire di nuovo nelle vasche di cristallizzazione quando il sale precipita.

Ancora più difficile, invece, è fare previsioni sulle concentrazioni di nutrienti nelle vasche, che possono variare stagionalmente e tra le varie vasche senza un andamento chiaro (Takekawa et al., 2006) oppure essere positivamente correlati con la salinità (Dolapsakis et al., 2005).

Variazioni delle concentrazioni di azoto e fosforo all'interno delle vasche si possono avere anche in risposta ad infiltrazioni di acque dolci da canali di fert-irrigazione (Pavlova et al., 1998).

La composizione ionica delle vasche, invece, risponde chiaramente alla composizione delle acque di mare che sono pompate all'interno delle Saline. Nelle Saline della Camargue (Thiery & Puente, 2002), ad esempio, si è riscontrato che gli ioni dominanti sono Na^+ , Cl^- , e SO_4^{2-} che contribuiscono fino al 92.8% della salinità totale e i pattern cationici ed anionici seguono quest'ordine: $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$ e $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_2^- > \text{NO}_3^- > \text{PO}_4^{3-}$.

2.3.1 Lo zooplancton delle Saline

Per quanto riguarda le componenti biologiche tipiche di ambienti come le Saline, possiamo suddividere le comunità secondo un criterio funzionale ecologico. Lo zooplancton delle Saline comprende generalmente Crostacei Copepodi, Anostraci, Cladoceri e Ostracodi, Rotiferi, Protozoi Ciliati e larve di Decapodi, di Copepodi, di Cirripedi, di Lamellibranchi, di Gasteropodi e di Misidacei.

Tra i Copepodi, l'ordine dei Calanoidi è rappresentato per lo più da specie del genere *Acartia* (Toumi et al., 2005), *Eurytemora* (Vieira & Amat, 1996), i Ciclopoidi dai generi *Oithona* (Toumi et al., 2005), *Cyclopina* e gli Arpacticoidi dai generi *Harpacticus* Tisbe, *Bryocamptus*, *Mesochra*, *Microsetella* (Toumi et al., 2005) dalle specie *Cletocamptus retrogressus* e *Cletocamptus deitersi* (Campbell, 1995; Thiery & Puente, 2002).

Gli Anostraci sono rappresentati principalmente dal genere *Artemia*, con le specie *A. salina*, *A. partenogenetica* e *A. franciscana*, volgarmente chiamate “brine shrimps”, o “scimmie di mare” che sono organismi capaci di tollerare salinità fino a 300 PSU, (Takekawa et al., 2006), dalla specie *Branchinella spinosa*, meno alofila di *Artemia* (Thiery & Puente, 2002) e dalla specie *Parartemia minuta* (Campbell, 1995).

I Cladoceri, invece, che sono un gruppo più tipico di acque dolci o salmastre, sono stati riscontrati nelle Saline della Camargue (Thiery & Puente, 2002) in particolare la specie *Moina salina*, tipica di acque fredde dell'emisfero boreale.

Gli Ostracodi sono un altro gruppo spesso presente nelle vasche a salinità intermedia; ad esempio, in una vasca evaporante in Australia, è stata rinvenuta in abbondanza la specie *Diacypris dietzi* e specie appartenenti al genere *Reticypris* (Campbell, 1995).

Un altro gruppo di organismi che spesso viene riscontrato all'interno delle Saline sono i Rotiferi. Questi sono solitamente presenti a salinità non molto elevate, quindi nelle prime vasche di evaporazione o compaiono quando per effetto delle precipitazioni la salinità si riduce e la colonna d'acqua si alza e diventa più trasparente. Il genere incontrato più di frequente è *Brachionus* (Campbell, 1995; Toumi et al., 2005), soprattutto la specie *Brachionus plicatilis*, tipicamente eurialina, di origine marina e adattata più di altre a brusche variazioni della salinità. A salinità prossime a quelle marine è possibile rinvenire anche il genere *Synchaeta* (Toumi et al., 2005).

Tra i Protozoi Ciliati, una specie facilmente riscontrabile all'interno delle Saline, soprattutto a salinità elevate, è *Fabrea salina*, rinvenuta con densità molto elevate in altre Saline (Dolapsakis et al., 2005) e spesso in competizione per il substrato con *Artemia*, l'unico altro organismo zooplanctonico capace di sopravvivere ad elevate salinità.

Possono essere annoverati come organismi dello zooplancton anche le larve d'insetti, spesso abbondanti in determinate stagioni. Tra queste, hanno gran rilevanza le larve della zanzara *Chironomus salinarius*, quelle di *Ephydra* e di altri insetti appartenenti alle famiglie Corixidae e Culicidae.

Tra le forme meroplanctoniche, prevalgono larve di Lamellibranchi, larve di Gasteropodi, trocofore e altre larve di Policheti, e in misura minore larve di Cirripedi (Balanidi) e larve di Decapodi.

Diffusissimi nello zooplancton delle Saline sono anche i Copepodi Arpacticoidi.

2.3.2 Le altre componenti biologiche delle Saline

Il meiobenthos delle Saline è ricco di Nematodi e Copepodi Arpacticoidi, questi ultimi in determinate circostanze possono essere ritrovati anche in colonna d'acqua o associati a macrofite e macroalghe e alcuni di loro hanno ottime capacità natatorie.

Tra i macroinvertebrati bentonici nelle Saline si riscontrano generalmente ancora i Crostacei, tra cui gli Anfipodi, rappresentati soprattutto dai generi *Corophium*, *Erichthonius* (Takekawa et al., 2005) che vivono a salinità non di molto superiori a quelle marine e spesso legati alle macrofite acquatiche, Isopodi del genere *Idotea*, Decapodi dei generi *Carcinus*, *Palaemon* e *Palaemonetes*.

Tra i Molluschi, si riscontrano due specie anche a salinità elevate: il Bivalve *Cerastoderma glaucum*, ed il Gasteropode *Hydrobia ulvae*.

Numerose specie di Policheti abitano le Saline ma solo nelle vasche a salinità vicine a quelle marine, mentre spesso si rinvenivano, anche a salinità più elevate, i Foraminiferi della specie *Triloculina oblunga* e *Ammonia tepida* (Debenay et al., 2001).

Passando ai vertebrati, le vasche delle Saline ospitano varie specie di pesci. Questi trovano abbondante nutrimento negli organismi zooplanctonici, meiobentonici e macrobentonici. Molto diffusi nelle prime vasche di evaporazione sono il cefalo *Mugil cephalus* la spigola *Dicentrarchus labrax*, il latterino *Atherina boyeri*, l'anguilla *Anguilla anguilla*, il pesce ago *Sygnatus abaster* alcuni Gobidi lagunari quali il ghiozzetto di laguna *Knipowitschia panizzai* e il ghiozzetto cenerino *Pomatoschistus canestrinii*. Di particolare interesse è il nono *Aphanius fasciatus*, un Ciprinodonte che resiste a salinità elevate (70 – 100 PSU), avendo un sistema vacuolare capace di regolare in maniera efficace l'osmosi cellulare. *Aphanius*, in particolare, si nutre prevalentemente di Copepodi Arpacticoidi (Alcaraz & Garcia-Berthou, 2006).

Le Saline sono un ambiente particolarmente importante per la presenza degli uccelli migratori, che sono attratti da questo tipo di zona umida per le sue peculiari caratteristiche trofiche e fisiche. Studi specifici effettuati nelle Saline della Camargue, (Thiery & Puente, 2002) o in quelle della baia di San Francisco (Takekawa et al., 2006), hanno dimostrato che questi ambienti rappresentano aree di riproduzione e sorgenti di nutrimento per una gran quantità di uccelli migratori.

Nelle Saline sono riscontrati, dal punto di vista del tipo di alimentazione, principalmente uccelli acquatici consumatori di organismi bentonici, seguiti da esploratori superficiali, mentre in minor quantità si ritrovano specie che si alimentano di organismi planctonici e di pesci.

Tra le più frequenti evenienze avicole nelle Saline si trovano diverse specie di uccelli acquatici come l'alzavola *Anas crecca*, il fischione *Anas penelope*, il codone *Anas acuta*, il mestolone *Anas clipeata*, la Volpoca *Tadorna tadorna*, il Piovanello pancianera *Calidris alpina*. Tra i grandi trampolieri troviamo di frequente l'airone bianco maggiore *Casmerodius albus*, l'airone cinerino *Ardea cinerea*, l'avocetta *Recurvirostra avosetta*, la garzetta *Egretta garzetta*, il cavaliere d'Italia *Himantopus himantopus*, il fenicottero rosa *Phaenicopterus roseus*.

Ciascuna di queste specie frequenta le Saline in diversi periodi dell'anno e può preferire diverse vasche in base alle esigenze riproduttive e alla disponibilità di cibo e dei flussi migratori. Fonte principale di cibo per gli uccelli acquatici ed i trampolieri sono ovviamente i pesci e gli invertebrati presenti nelle vasche. In particolare è stato osservato che il fenicottero rosso si nutre abbondantemente di adulti di *Branchinella spinosa* e può avere un ruolo nella disseminazione di uova di questo Anostraco (Johnson, 1975), mentre è stato più volte dimostrato il ruolo degli uccelli trampolieri nella disseminazione delle cisti di *Artemia partenogenetica* in Saline del Mediterraneo. (MacDonald, 1980; Thiéry et al., 1990).

Il fitoplancton delle Saline è piuttosto complesso. Sono moltissime le specie che possono essere riscontrate e, in termini di biomassa, densità e ricchezza tassonomica, il fitoplancton è sempre nettamente superiore allo zooplancton. Tra i taxa fitoplanctonici più comunemente riscontrati nelle Saline, troviamo *Dunaliella*, *Chlamydomonas*, *Amphora*, *Navicula*, e *Nitzschia*.

Dunaliella salina, in particolare è il più cospicuo rappresentante del fitoplancton in alcune Saline del Mediterraneo (Dolapsakis et al., 2005), dove abbondano anche i Cianobatteri, soprattutto a salinità elevate. Le Diatomee (famiglia Bacillarioficee) in tutte le Saline presentano sempre il maggior numero di generi e specie, seguite dai Dinoflagellati, dalle alghe verdi e azzurre.

Le Diatomee solitamente sono riscontrate a valori di salinità prossimi a quelli marini o poco superiori, lo stesso avviene per i Dinoflagellati. All'aumentare della salinità questi sono sostituiti da Cianobatteri e Clorofite, tra cui *Dunaliella salina*, alga che resiste fino a salinità di 350 PSU (Davis, 2006). La densità e la biomassa del fitoplancton sono

regolate dallo zooplancton, come è stato dimostrato in alcune Saline del Mediterraneo (Dolapsakis et al., 2005), in cui *Artemia salina* e *Fabrea salina* regolano la densità di *Dunaliella salina*. Come per lo zooplancton, così anche per il fitoplancton, all'aumentare della salinità diminuisce la ricchezza di taxa e quelli più resistenti si presentano con densità di popolazione più basse.

In Saline indiane (Sundararaj et al., 2006) è stato riscontrato un incremento di densità e biomassa fitoplanctonica dovuto, oltre che a *Dunaliella salina*, a *Coccochloris elabens*, *Spirulina platensis*, *Oscillatoria salina*, *Gloeocapsa* sp. e *Synura* sp.

Macrofite e macroalghe si ritrovano soltanto nelle vasche a salinità più contenuta. Nelle Saline del Mediterraneo, tra le macrofite, molto comune è la *Ruppia*; così, tra le macroalghe, comuni sono *Cladophora* (De Wit & Grimalt, 1992) *Lamprothamnium* (Davis, 2006), *Chaetomorpha*, *Ulva*.

All'interno delle Saline, caratteristica è la vegetazione terrestre che cresce sugli argini d'interconnessione tra le diverse vasche. Questa è costituita principalmente da Juncacee, Cyperacee, Chenopodiacee, specie alofite annuali a pregio naturalistico molto elevato, in possesso di sistemi d'adattamento per resistere all'elevato tasso d'aridità, determinato dalla concentrazione di sali disciolti nell'acqua. In queste piante il risparmio idrico è conseguito con un grande sviluppo dei tessuti acquiferi e forte riduzione della superficie fogliare. Tra le specie più comuni delle Saline (figura 3) troviamo *Arthrocnemum fruticosum*, *Halimione portulacoides*, *Salicornia fruticosa*, *Suaeda fruticosa*, *Salsola kali* (famiglia Chenopodiacee), *Inula crithmoides*, (famiglia Compositae) *Juncus maritimus*, *Schoenus nigricans* (Famiglia Juncacee).

Arthrocnemum fruticosum



Halimione portulacoides



Salicornia fruticosa



Salsola kali



Figura 3. Chenopodiacee tipiche di ambienti iperalini

2.4 Le Saline: una prospettiva per l'acquacoltura

Le Saline, nate come siti industriali per la produzione del sale, divenute poi aree di grandissimo pregio naturalistico, per la presenza di specie floristiche e faunistiche rare, potranno in un futuro, si spera non troppo remoto, essere utilizzate per intraprendere attività di acquacoltura ecocompatibile.

Le condizioni di particolare stabilità delle vasche e la possibilità di controllare le condizioni ambientali in maniera abbastanza agevole, consentono che queste aree, sia quando la produzione del sale è ancora in funzione, sia quando è cessata e l'area è riconvertita a riserva naturale, possano comprendere anche uno spazio per la coltura, sempre nel rispetto dell'ambiente, di specie commercialmente utili.

Ambienti come le Saline e in genere gli stagni costieri sono particolarmente predisposti allo sviluppo dell'acquacoltura, grazie al fatto di essere caratterizzati da uno scambio idrico controllato, dalla facilità di mantenimento e dalla presenza d'elevate quantità di macro e micronutrienti, un fattore che favorisce lo sviluppo algale (Javor, 1989; Wen & Zhi-Hui, 1999).

In tal senso dalle Saline possono essere isolati organismi fitoplanctonici, zooplanctonici, macrobentonici e specie ittiche per l'acquacoltura.

L'interesse a mantenere in vita questo tipo di ecosistemi e a modificarli lo stretto necessario per ottenere un ritorno economico dalle specie commerciabili per l'acquacoltura, è stato mostrato già in diversi paesi (Cheng, 1991; Marian & Roy, 2001).

Per quanto riguarda il fitoplancton, le alghe planctoniche nelle acque a elevata salinità sono di grande interesse per l'elevata capacità di crescita e per il potenziale di coltura (Dolapsakis et al., 2005). Studi finalizzati a determinare il potenziale per l'acquacoltura sono già stati condotti su microalghe estratte da ambienti iperalini (Goldman, 1979; Benemann, 1990; Borowitzka, 1997). L'elevate concentrazioni di carotenoidi riscontrati nelle alghe estratte da ambienti iperalini sono funzionali all'acquacoltura, perché favoriscono l'attivazione di proteine, la crescita e anche il potenziale riproduttivo delle specie (Linan-Cabello et al., 2002). La presenza altresì di elevate concentrazioni di carotenoidi è da attribuire allo stress indotto dalle condizioni estreme (Litchfield & Oren, 2001).

Tra le specie algali di maggior interesse ai fini dell'acquacoltura ricordiamo le Cloroficee *Dunaliella salina* e *Chlamidominas* sp.

Tra gli organismi zooplanctonici, d'altro canto, il più importante utilizzabile ai fini dell'acquacoltura è l'Anostraco *Artemia salina*. La domanda di *Artemia* eccede notevolmente la produzione dello stesso, dipendente dalle risorse naturali che hanno un ricambio annuale limitato e non incrementabile (Sorgeloos et al., 2001). Per lo sviluppo di una ben bilanciata catena trofica all'interno delle Saline, ci devono essere condizioni chimico-fisiche ideali e nutrienti in concentrazioni adeguate. Questa catena avrà le alghe come produttori e *Artemia* come consumatore.

Per ottenere un'elevata densità e biomassa algale, il fosforo è il nutriente necessario spesso maggiormente limitante e che deve essere reintegrato.

Un altro organismo zooplanctonico che può essere isolato dalle Saline e utilizzato per l'acquacoltura è il Rotifero *Brachionus plicatilis*, specie marina eurialina molto utilizzata negli allevamenti di specie ittiche di gran pregio commerciale come orate *Sparus aurata*, sogliole *Solea solea*, rombi *Scophthalmus maximus* (Bonaldo et al., 2002). *Brachionus plicatilis* tollera salinità fino al 97‰, ma il suo optimum di riproduzione è inferiore al 35‰ (Walker, 1981).

Le specie ittiche potenzialmente allevabili all'interno delle Saline sono tutte quelle marine capaci di adattarsi ad ambienti lagunari, quindi orate, spigole, sogliole, muggini. La resa produttiva nell'allevamento di queste specie è legata ad una corretta gestione delle stazioni di allevamento, e quindi al mantenimento dei giusti parametri chimico-fisici e della rete trofica.

2.5 L'area oggetto di studio: le Saline di Tarquinia

Le Saline di Tarquinia sono un impianto dismesso per l'estrazione del sale dall'acqua marina, sottoposto a vincolo di tutela ambientale dal 1980 con l'istituzione della Riserva Naturale di Popolamento Animale "Saline di Tarquinia" (D.M. 25/01/1980 del Ministero dell'Agricoltura). Le Saline di Tarquinia sono uno dei 168 Impianti per la produzione del sale, localizzati lungo le coste di 18 paesi mediterranei; di questi impianti 90 sono attivi, 64 dismessi ed 11 sono stati eliminati o riconvertiti per altri usi (Crisman, 1999). Le Saline di Tarquinia appartengono al secondo gruppo, essendo state dismesse nel 1997.

La Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia si estende su una superficie pianeggiante pari a circa 170 ettari separata da una duna di terra dal Mar Tirreno. Geograficamente si colloca a sud del Lido di Tarquinia, a valle di una vasta piana alluvionale, delimitata a Nord Ovest dalla foce del fiume Marta, a Sud Est dalla foce del fiume Mignone e ad Est dalla zona collinare su cui si erge il Comune di Tarquinia. Le Saline nascono in un'area a scarsa piovosità e spesso battuta da venti tesi provenienti dal mare, che ne determinano un luogo ideale per la produzione del sale, a causa della forte evaporazione dell'acqua determinata dai venti medesimi.

Le Saline di Tarquinia sono strutturate secondo uno schema che ricorda molto quello delle altre Saline del Mediterraneo. L'acqua di mare è introdotta nelle Saline con una pompa idrovora, attraverso un canale artificiale detto "Foce di Ponente" che collega il mare con la prima vasca e di qui l'acqua è convogliata nelle successive vasche di evaporazione, mediante interconnessione tra i diversi argini, e si viene a creare un gradiente salino al progressivo allontanarsi dalla stazione d'ingresso. L'acqua, passando da una stazione all'altra, evapora sotto l'azione del vento e dell'insolazione e si arricchisce di soluti e nutrienti fino a che il cloruro di sodio è stoccato nelle "Riserve", dove raggiunge una concentrazione elevata, per poi essere trasferito nelle vasche di cristallizzazione, dove precipita ed è raccolto. Il flusso dell'acqua dalla "Foce di Ponente" procede, per scorrimento naturale, fino alle vasche adiacenti ad un canale detto "Foce di Levante" (Figura 4).

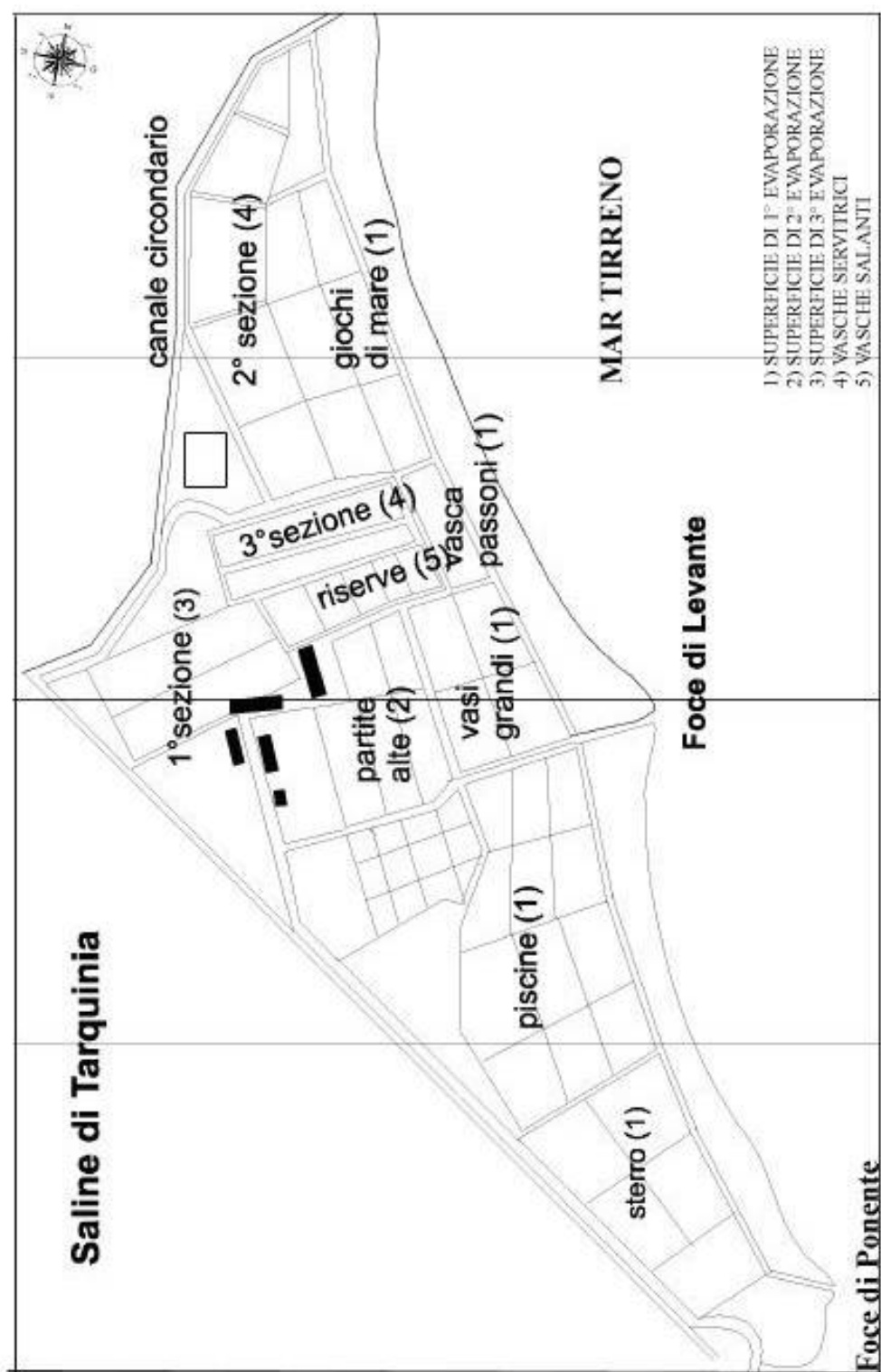


Figura 4. Schema delle Saline di Tarquinia.

Questo canale, utilizzato in passato per far uscire dall'impianto l'acqua di scarto del processo estrattivo, rappresenta il secondo punto di collegamento delle Saline col mare. All'altezza della Foce di Levante è installata una seconda pompa idrovora necessaria a far superare all'acqua il dislivello altimetrico esistente tra due porzioni dell'impianto, quella a Nord della Foce di Levante e quella a Sud. Nell'impianto esistono altre due pompe idrovore ubicate in uno degli edifici annessi all'impianto e funzionali al mantenimento del flusso d'acqua nelle vasche dette "Partite Alte" e nelle altre aree dell'impianto.

Il perimetro esterno delle Saline, rappresentato dai lati Nord ed Est, è percorso da un canale, detto "Circondario", necessario a isolare l'area delle Saline dalle immissioni d'acqua dolce provenienti dai terreni agricoli circostanti. Le infiltrazioni d'acqua di mare invece sono evitate dalla presenza di un canale, detto di "Bilanciamento".

A oggi la produzione del sale è interrotta e l'industria è dismessa da oltre 10 anni; nonostante ciò, il processo di salificazione continua spontaneamente a verificarsi, anche grazie alla cura di responsabili dei Monopoli di Stato, i quali garantiscono la corretta circolazione dell'acqua all'interno delle vasche. Benché il sale raccolto non sia della stessa purezza di quello che si otteneva quando l'industria era ancora attiva, mantenendo il gradiente salino, si tengono in vita l'ecosistema e la sua delicata rete trofica e si salva l'ambiente da una lenta estinzione, che potrebbe avvenire per interrimento delle vasche o per eccessiva dolcificazione o trasformazione in zona paludosa.

Le Saline di Tarquinia sono costituite da circa 100 vasche a pianta rettangolare separate da argini in pietra e legno. Il passaggio dell'acqua da una vasca all'altra è garantito da chiuse di legno e da canali laterali. Tutte le vasche sono poco profonde, infatti, la colonna d'acqua raggiunge nelle prime stazioni d'evaporazione un'altezza massima di circa 80 cm, e questa si riduce progressivamente per favorire il gradiente salino. Insieme all'altezza della colonna d'acqua, si riduce anche la superficie delle vasche. Le vasche di prima evaporazione (figura 4), denominate "Sterro", "Piscine", "Riserva Grande", "Vasca Passoni" e "Giochi di Mare", sono di dimensioni e numero maggiore delle altre. Qui avveniva l'iniziale concentrazione del cloruro di sodio, la precipitazione delle particelle in sospensione nell'acqua marina e dei sali meno solubili, tra cui CaCO_3 , CaSO_4 .

In queste prime vasche la concentrazione salina delle acque può raggiungere il 90 ‰. L'acqua, in seguito, era trasferita nelle stazioni di seconda e terza evaporazione che comprendeva il gruppo di vasche denominato "Partite alte" e "Prima sezione". In queste vasche avveniva un successivo aumento della concentrazione del cloruro di sodio fino a valori di circa 160–170‰. Da queste, poi, l'acqua passava nelle vasche dette "Servitrici" o "Riserve", la cui funzione era di aumentare la densità dell'acqua e in queste vasche si ottenevano valori di salinità pari a 180-190‰. Da ultimo l'acqua era convogliata nei bacini salanti, dove avveniva la precipitazione del sale a valori di 300 ‰ e di qui la raccolta del sale.

Eventi alluvionali hanno colpito le Saline di Tarquinia e hanno modificato la salinità e la natura delle vasche. Il primo è avvenuto nel 1987 ed ha causato numerosi danni all'impianto per la fuoriuscita d'acqua dal Canale Circondario, tali da determinare l'interramento e il mancato successivo ripristino di circa 16 ettari di Saline. In più, in gran parte delle vasche, è avvenuta la sedimentazione di una gran quantità di fango che non è stato più rimosso, e questa riduzione di volume delle vasche ha compromesso notevolmente il funzionamento dell'impianto. Inoltre, sono stati danneggiati le chiuse e i canali, strutture per la circolazione dell'acqua.

Come conseguenza di questo primo evento alluvionale, l'attività produttiva del sale è progressivamente diminuita per poi definitivamente cessare nel Luglio del 1997 e da allora a causa di una ridotta attività di manutenzione ordinaria, fondamentale per tutti i componenti di legno e pietra, molte strutture dell'impianto, come canali, chiuse e argini, versano in un cattivo stato di conservazione. Come principale e più grave conseguenza, il flusso idrico si è notevolmente ridotto ed è aumentato il tasso di sedimentazione della sostanza organica e inorganica. Lo scarso flusso idrico ha prodotto delle gravi conseguenze ecologiche sull'ambiente acquatico, con aumento del grado di trofia e ridotto apporto d'ossigeno.

Un secondo evento alluvionale ha interessato l'area delle Saline alla fine del 2004 (nei giorni tra il 6 e 8 dicembre). In pochi giorni sono caduti 204 mm di pioggia (320 mm in tutto il mese di Dicembre) provocando nuovamente l'esondazione del "Canale Circondario".

L'intera area è rimasta sommersa per alcuni giorni, determinando un aggravamento delle condizioni. L'ultimo evento alluvionale si è verificato esattamente un anno dopo, il 5

dicembre del 2005, con conseguenze meno gravi e senza straripamento del fosso circondario.

La dismissione dell'attività produttiva ha, nel corso del tempo, consentito di incrementare l'attenzione nei confronti dell'ambiente delle Saline di Tarquinia, che già dal 1980 è Riserva Naturale. In seguito le strategie volte alla conservazione dell'ambiente e della natura hanno fatto sì che quest'area sia stata designata come SIC (Sito di Importanza Comunitaria-IT6010025) e Z.P.S. (Zona a Protezione Speciale-IT6010026) in base alla "Direttiva Habitat" e alla "Direttiva Uccelli". La sorveglianza ai fini della tutela dell'avifauna e degli habitat è affidata al Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, in base a quanto stabilito nel decreto istitutivo della Riserva.

Negli ultimi anni, il Comune di Tarquinia con il supporto tecnico-scientifico dell'Università degli Studi della Tuscia, si è attivato per la realizzazione di diversi progetti tesi al recupero dell'ecosistema delle Saline e alla valorizzazione della Riserva e del Borgo ottocentesco annesso.

Nel 2002 la C.E. ha finanziato il Progetto Life – Natura "Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia" il cui obiettivo era di conservare la zona umida costiera tramite interventi di risanamento ambientale.

Il progetto, articolato in tre anni e mezzo, prevedeva la rimozione del sedimento in eccesso da vasche e canali, il restauro degli argini in pietra e legno e delle chiuse, la sostituzione delle pompe idrovore e l'innalzamento della colonna d'acqua. Il progetto Life è entrato nella sua fase operativa nel Gennaio 2005, con l'inizio dei lavori di asporto del sedimento da una porzione dell'impianto, che comprende i bacini chiamati "Sterro" e "Piscine". Il sedimento è stato poi asportato anche dai canali di collegamento con il mare e da un canale "di bilanciamento", che si sviluppa parallelamente alla linea di costa.

Nell'ambito dei finanziamenti Life, era prevista un'attività di monitoraggio chimico-fisico e biologico dell'ambiente acquatico al fine di valutare l'efficacia delle azioni condotte. Tale azione ha previsto, in una delle vasche interessate dal progetto Life, l'installazione di una centralina di rilevamento di dati atmosferici e dei parametri chimico-fisici delle acque.

2.5.1 Caratteristiche biologiche delle Saline di Tarquinia

Le comunità biologiche presenti nelle Saline di Tarquinia ricordano molto quelle di altre Saline italiane e in genere del Mediterraneo. La struttura simile dell'impianto, i parametri chimico-fisici delle vasche e un clima molto simile hanno determinato lo sviluppo di comunità tipiche di Saline e lagune costiere; queste comunità sono costituite da specie adattate a valori di salinità molto elevati nel terreno e nelle acque e da una fauna avicola caratteristica di questo tipo di ambiente.

Partendo dai vertebrati terrestri, e in particolare dagli uccelli, la Riserva delle Saline di Tarquinia rappresenta un'area di gran rilevanza per molte specie di uccelli, sia come luogo di svernamento, sia come punto di sosta durante i flussi migratori primaverili e autunnale (Allavena & Zapparoli, 1992).

Le specie di uccelli fino ad ora censite all'interno delle Saline Sono 56 e, tra queste, le più importanti sono il cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*, Linnaeus, 1758), la garzetta (*Egretta garzetta*, Linnaeus, 1766), l'avocetta (*Recurvirostra avosetta*, Linnaeus, 1758), il beccapesci (*Sterna sandvicensis*, Latham, 1878), il fraticello (*Sterna albifrons*, Pallas, 1764), la sterna maggiore (*Sterna caspia*, Pallas, 1770), il mignattino (*Chlidonias niger*, Linnaeus, 1758), più un nutrito gruppo di fenicotteri (*Phoenicopterus ruber*, Linnaeus, 1758).

Un censimento delle specie ittiche non è stato compiuto, ma da comunicazioni personali e compiendo campionamenti di zooplankton, si è osservato che la specie più abbondante è il nono *Aphanius fasciatus*, un Ciprinodontide di ambienti salmastri che tollera ampie variazioni di salinità che raggiungono valori del 100‰. *Aphanius fasciatus* si riscontra in tutte le vasche di prima evaporazione e si caratterizza, in altre lagune per una dieta principalmente costituita da organismi meiobentonici (Clavero et al., 2007). Nelle vasche della zona 'Sterro' e 'Piscine', caratterizzate da salinità più basse e vicine a valori marini, si trova il latterino *Atherina boyeri*, specie che abita acque marino-costiere della penisola e alcuni laghi dell'Italia centrale, come il Lago Trasimeno (impresso nel 1920) e il Lago di Piediluco; questa specie è eurialina e si riproduce prevalentemente in acque dolci. *Atherina boyeri* è sensibile alla diminuzione della concentrazione di ossigeno e ad elevate concentrazioni di sostanze tossiche.

Nelle Saline di Tarquinia, inoltre, si trovano Gobidi d'acqua dolce, in particolare il ghiozzetto di laguna, *Knipowitschia panizzae*, il capitone *Anguilla anguilla* e poi varie specie marine costiere adattabili alla vita in acque lagunari, come muggini, spigole, orate, e sogliole.

Non ci sono indagini specifiche sui popolamenti di macrofite acquatiche delle Saline di Tarquinia; i bacini sono, però, ricchi di piante vascolari, in prevalenza *Ruppia cirrhosa* cui spesso sono associate delle macroalghe.

Per quanto riguarda la composizione algale, dai dati disponibili appare che le Diatomee sono il gruppo predominante, con 89 taxa identificati, fino a salinità del 110‰. A salinità superiori queste sono sostituite dalle *Cyanophyta*, con specie ampiamente diffuse sia in acque dolci, salmastre e marine (Alfinito et al., 1990). *Dunaliella salina* è stata rinvenuta in concentrazioni abbondanti nelle “Riserve” e nelle “Sezioni di Evaporazione I-II-III”, mentre l'alga *Cladophora* sp formava abbondanti tappeti algali nello “Sterro” e nelle “Piscine”.

Le Saline di Tarquinia presentano una vegetazione tipica di ambienti simili, come le Saline di Margherita di Savoia in Puglia, con vegetazione pioniera a *Salicornia* e altre specie annuali delle zone fangose e sabbiose e praterie e fruticeti alofili e termo-atlantici. Le specie vegetali di maggiore importanza presenti nelle saline sono *Aeluropus littoralis*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Frankenia pulverulenta*, *Suaeda vera*.

La comunità macrozoobentonica è costituita da specie tipiche di ambienti confinati tra queste, le più rappresentative sono il Gasteropode *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), il Lamellibranco *Cerastoderma glaucum*, larve di Chironomidi e l'Anfipode *Corophium insidiosum* (Crawford, 1937). Si tratta di specie tendenzialmente opportuniste (Nascetti et al., 1998).

Le principali variazioni nella struttura della comunità sono state osservate lungo un gradiente salino orientato lungo l'asse maggiore delle Saline, che va dal canale d'immissione dell'acqua marina all'estremità più a sud dell'impianto. Eterogeneità spaziali di piccola scala sono state osservate trasversalmente all'asse Nord - Sud e riguardano in particolare le condizioni di alcune vasche, dove è stato registrato un arricchimento di sostanza organica nei sedimenti, segnalato dalla presenza delle specie di Policheti, *Spio decoratus* (Bobretzky, 1871) e *Capitella capitata* (Fabricius, 1780). Nelle acque si segnala la presenza del Decapode *Carcinus mediterraneus* (Czerniavsky,

1884), che forma popolamenti numerosi nella vasca a più diretto contatto col mare e nelle vasche dello ‘Sterro’ e delle ‘Piscine’; è presente anche il gambero lagunare *Palaemon elegans*, soprattutto nelle vasche della sezione ‘Sterro’.

Per quanto riguarda la componente zooplanctonica è stata rilevata la presenza di Copepodi Calanoidi appartenenti al genere *Acartia*, le specie *Calanipeda aquaedulcis*, *Centropages typicus*, *Paracalanus parvus*, i Ciclopoidi *Oithona* spp e *Oncaea* spp, gli Arpacticoidi *Euterpina acutifrons* e *Tisbe* spp e varie forme meroplanctoniche (Nascetti et al., 1998). Nelle Saline è presente anche l’ *Artemia salina*, nelle stazioni a salinità più elevata. La sua presenza è desumibile dall’evenienza del trampoliere *Phaenicopterus ruber* che si nutre principalmente di questo Anostraco.

Dal punto di vista microbiologico è segnalata la presenza del batterio filamentoso *Beggiatoa* spp e di batteri purpurei sulfurei (Alfinito et al., 1990).

3 Materiali e metodi

3.1 Stazioni di campionamento

Per la caratterizzazione della struttura dei popolamenti zooplanctonici delle Saline di Tarquinia sono stati effettuati prelievi mensili in quattro stazioni, disposte lungo un gradiente salino e idrodinamico e a copertura spaziale dell'intera area, dalla stazione 1, posta all'estremità nord, fino alla stazione 4 posta all'estremità sud. La distanza tra la prima e l'ultima stazione di campionamento è di circa 2,4 km.

Le attività di prelievo, iniziate ad Aprile 2006 e terminate nel Settembre 2007 per complessivi 18 mesi, sono state compiute nelle seguenti stazioni. Queste sono evidenziate in figura 5

Staz. 1 Settore "Sterro"

Coordinate geografiche 42° 12' 38.05" N - 11° 42' 32.49" E

Staz. 3 Settore "Vasi grandi"

Coordinate geografiche 42° 11' 57.42" N - 11° 42' 58.49" E

Staz. 4 Settore "2^a Sezione di Evaporazione"

Coordinate geografiche 42° 11' 58.43" N - 11° 43' 21.63" E

È stata campionata per 12 mesi, da Ottobre 2006 a Settembre 2007, la seguente stazione:

Staz. 2 Settore "Piscine"

Coordinate geografiche 42° 12' 23.40" N – 11° 42' 45.64" E

Altre tre vasche, caratterizzate da valori di salinità generalmente più elevati, sono state campionate sporadicamente alla ricerca dell'Anostraco *Artemia salina* e di altri organismi zooplanctonici eurialini o alofili. Queste sono evidenziate nelle figure 6 e 7.

Staz. 5 Settore "Riserve"

Coordinate geografiche 42° 11' 56.63" N – 11° 43' 08.02" E

Staz. 6 Settore "Partite Alte"

Coordinate geografiche 42° 12' 13.85" N – 11° 43' 08.46" E

Staz. 7 "Vasca Cristallizzazione Sale"

Coordinate geografiche 42° 11' 51.05" N – 11° 43' 24.97"E

La stazione 2 è stata inoltre campionata con andamento stagionale alla ricerca dei copepodi associati a *Ruppia cirrhosa*.

La stazione n. 1 appartenente al gruppo "Sterro" riceve direttamente l'acqua marina tramite la pompa idrovora collegata con il canale dal quale riceve l'acqua in ingresso. Questa vasca funziona, in un certo senso, da "polmone" per il resto delle Saline essendo caratterizzata da un maggior ricambio idrico.

La stazione 2 appartiene al gruppo "Piscine", è di dimensioni leggermente minori rispetto alla stazione 1 e si caratterizza per essere l'unica stazione dotata di una centralina di monitoraggio in continuo dei dati chimico - fisici.

Le prime due stazioni di campionamento sono caratterizzate dalla presenza in acqua di formazioni di macrofite, *Cymodocea nodosa* (Ucria) e soprattutto di *Ruppia cirrhosa*, e da alghe filamentose appartenenti al genere *Chaetomorpha* e *Cladophora*.

Nella stazione 3, posta nella sezione "Vasi Grandi", subito a valle della "Foce di Levante", invece prevalgono alghe di tipo filamentoso.

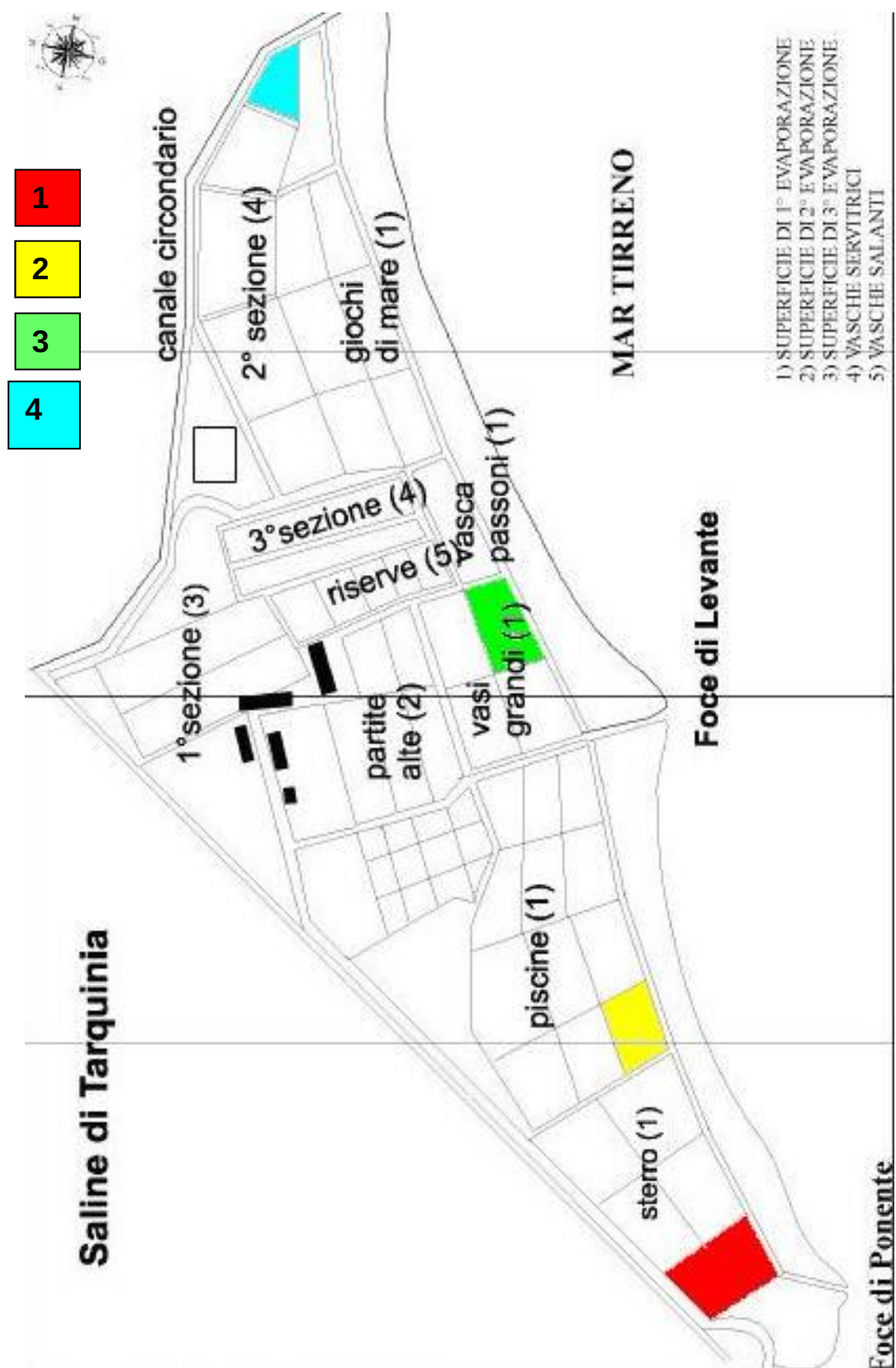


Figura 5. Stazioni monitorate mensilmente per lo zooplancton.

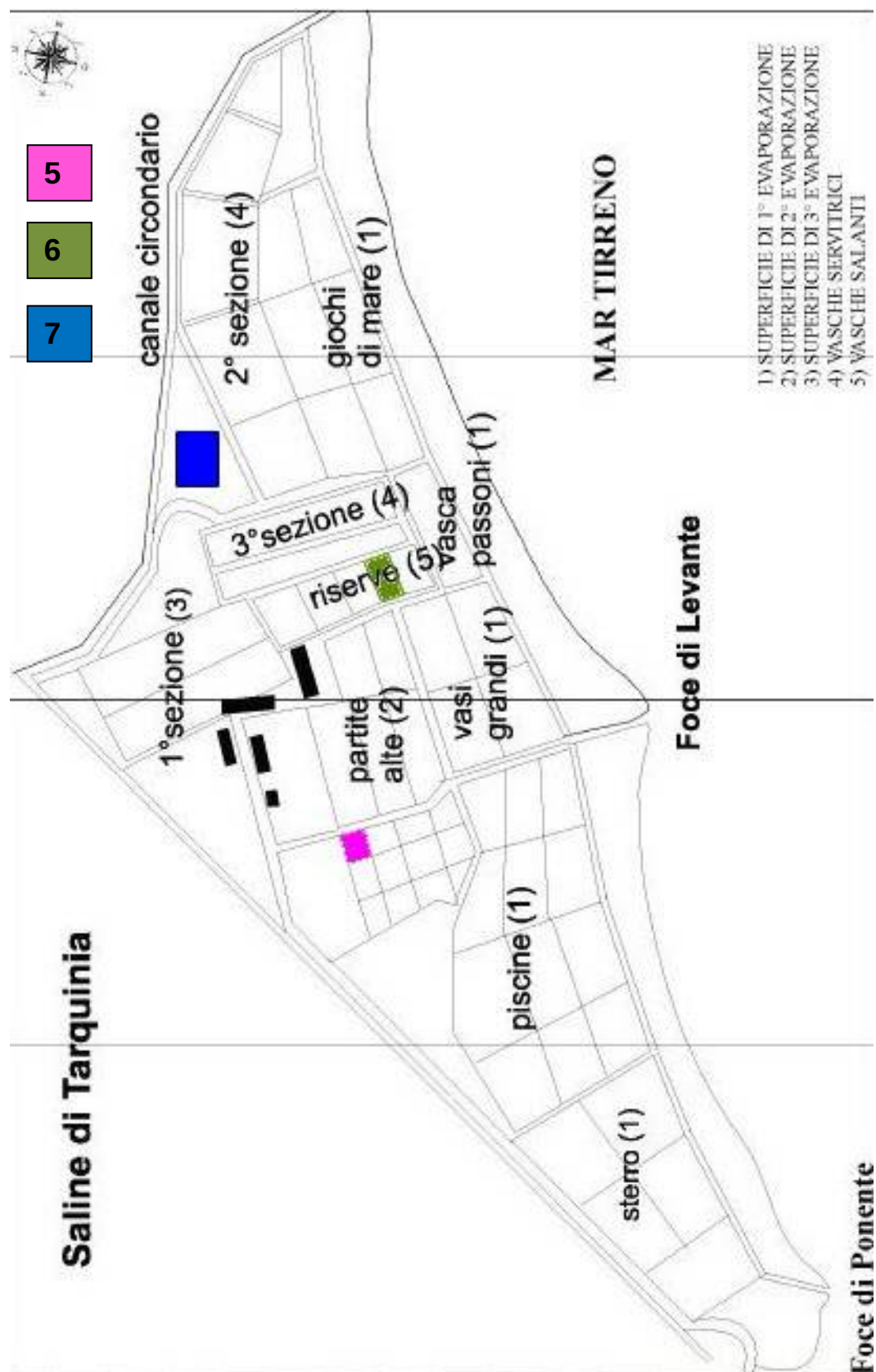


Figura 6. Stazioni di campionamento occasionale.



Figura 7. Foto aerea delle stazioni di campionamento occasionali.

Nella stazione 4, posta all'estremità sud est delle Saline, nella sezione "Giochi di Mare", anche le alghe filamentose scompaiono, poiché non tollerano salinità elevate, per lasciare spazio ad alghe unicellulari e a un sedimento organico abbondante, che rende la stazione spesso torbida e ricca di detrito sospeso.

Le stazioni di campionamento occasionali sono state scelte in zone diverse dell'impianto, lì dove la salinità è solitamente più elevata rispetto alle stazioni monitorate in continuo e dove la composizione in specie cambia e si riduce drasticamente divenendo molto specializzata.

La stazione 5 appartiene al gruppo "Riserve"; questa vasca, quando le Saline erano ancora attive, aveva la funzione di bacino salante, ed è posta, dal punto di vista idrodinamico, subito a monte rispetto alle vasche di deposizione del sale. Questa stazione è di dimensioni ridotte rispetto alle altre dello stesso gruppo e non presenta piante acquatiche, né alghe filamentose.

La stazione 6 appartiene al gruppo "Partite Alte" ed è posizionata in una zona più interna delle Saline. Si caratterizza per un'altezza della colonna d'acqua molto ridotta, con torbidità molto elevata.

La stazione 7 coincide con la "Vasca di Cristallizzazione". Quando l'impianto era ancora attivo, la funzione di questa stazione era di farvi precipitare il sale fino a formare uno strato compatto sul fondo, per poi estrarlo di qui attraverso un sistema meccanico. Benché l'impianto per la produzione del sale sia inutilizzato da oltre 10 anni, la vasca continua a mantenere le stesse caratteristiche di un tempo, e tuttora presenta un compatto strato di sale deposto sul fondo e lungo le sponde. Dal 1997 la vasca è stata isolata dal circuito di circolazione delle acque all'interno delle Saline e il suo ricambio idrico è limitato all'apporto delle precipitazioni atmosferiche.

Qui le uniche forme di vita presenti sono quelle che si adattano a salinità molto elevate e quasi costantemente superiori ai 250 PSU.

3.2 Campionamento dello zooplancton

Nelle stazioni sopra indicate è stato effettuato il campionamento dello zooplancton.

Lo sviluppo della tecnica di campionamento dello zooplancton è stato un aspetto fondamentale in questo lavoro di dottorato di ricerca. Il tipo d'ambiente, con ridotte altezze della colonna d'acqua e superfici piuttosto estese, ha richiesto lo sviluppo di un sistema in grado di filtrare un volume d'acqua piuttosto elevato, al fine di compiere un campionamento rappresentativo del popolamento zooplanctonico presente nelle Saline. Dati di letteratura rivelano che, in ambienti lagunari poco profondi, ai quali possono essere assimilate le Saline, lo zooplancton è campionato in diversi modi. Un lavoro basilare (Pancucci-Papadopoulou & Papathanassiou, 1990), mette a confronto l'efficacia di filtrazione di 4 differenti tipi di retino in sistemi lagunari. Altre modalità di cattura dello zooplancton prevedono prima il pompaggio d'acqua dalle vasche e poi la filtrazione e questo può avvenire, ad esempio, utilizzando dispositivi come il "Miller Plankton Sampler" (Takekawa et al., 2006). Un'altra possibilità, è quella di raccogliere un volume noto d'acqua con un becher e di filtrarlo successivamente con un retino a maglia nota (Yúfera et al., 1984); ancora, si può filtrare l'acqua contenuta in un cilindro di volume noto, inserito nel sedimento (Thiery & Puente, 2002) o utilizzare il "campionatore sacchetto", specifico per acque poco profonde e ricche di vegetazione (Frisch & Wohltmann, 2005). Alcuni lavori, incentrati specificamente sulle modalità di campionamento in acque poco profonde (Rey et al., 1987) o di organismi viventi in questi tipi di ambienti (Dahms & Qian Pei-Yuan, 2004) sono stati molto utili per la scelta del sistema di campionamento nelle Saline di Tarquinia. Sono state valutate 2 procedure: il pompaggio d'acqua, seguito da filtraggio e le retinate orizzontali. Le pompe da plancton hanno il chiaro vantaggio di filtrare volumi elevati d'acqua, senza determinare alterazioni fisiche del sistema, come sollevamento del sedimento, e sono particolarmente efficaci in sistemi in cui l'altezza della colonna d'acqua è ridotta, perché possono filtrare volumi d'acqua consistenti. Questi sistemi hanno come inconveniente che il processo di aspirazione forzato dell'acqua, spesso molto forte, rischia di danneggiare gli organismi del plancton, che possono frammentarsi nella fase di aspirazione e rendono difficoltoso il successivo riconoscimento delle specie e la stima delle densità e delle biomasse.

La soluzione migliore è sembrata quella delle retinate in orizzontale. A tale scopo si è proceduto alla costruzione di una struttura apposita. Le retinate orizzontali, in sistemi lagunari con acque poco profonde, garantiscono un'elevata superficie di filtraggio, minimizzano il profilo verticale per unità di superficie di retino e fanno in modo che questo non strusci il fondo, sollevando il sedimento. Per campionare nelle Saline di Tarquinia, quindi, sono stati realizzati due retini di dimensioni identiche, ma diversi per la tessitura delle maglie: una è da 80 μm , idonea per trattenere anche il microzooplankton, e l'altra da 200 μm , adatta, invece, a trattenere il mesozooplankton.

All'estremità inferiore del retino è posto il bicchierino di raccolta, di volume pari a 1 litro, in plastica; il flusso dell'acqua attraverso il bicchiere è assicurato da una finestra ricoperta con lo stesso tessuto usato per il retino.

Il retino e il barattolo sono stati legati saldamente a una struttura in PVC (figura 8) a forma di parallelepipedo con queste dimensioni:

Larghezza	90 cm
Lunghezza	200 cm
Altezza	20 cm

Come materiale per la struttura che monta il retino, all'alluminio è stato preferito il PVC, perché è più leggero, e la scelta si è rivelata nel corso del tempo efficace e particolarmente adatta al tipo di ambiente in cui è stato utilizzato. La struttura si è dimostrata, benché un po' ingombrante, molto maneggevole, leggera e resistente.

L'imboccatura della struttura cui è stato legato il retino ha una forma a rettangolo con lato maggiore pari a 45 cm e lato minore di 20 (Figura 9).

Il bicchierino di raccolta è stato legato al fondo della struttura mediante una corda elastica. Si è inoltre badato a rendere più rigida la struttura, legando delle corde in diagonale lungo gli assi maggiori, sia sul lato superiore e sia su quello inferiore. In vasche delle Saline a diversa profondità poi, sono state eseguite alcune prove di galleggiamento della struttura, ed è stato necessario legare lateralmente da 2 a 4 parabordi cilindrici di 45 cm di lunghezza x 20 cm di diametro, secondo le esigenze. Quando nelle vasche la colonna d'acqua non superava i 40 cm di altezza, la struttura riusciva a tenersi a galla solo con 4 parabordi, con altezze maggiori ne erano sufficienti 2.



Figura 8. Retino per campionare in acque basse.

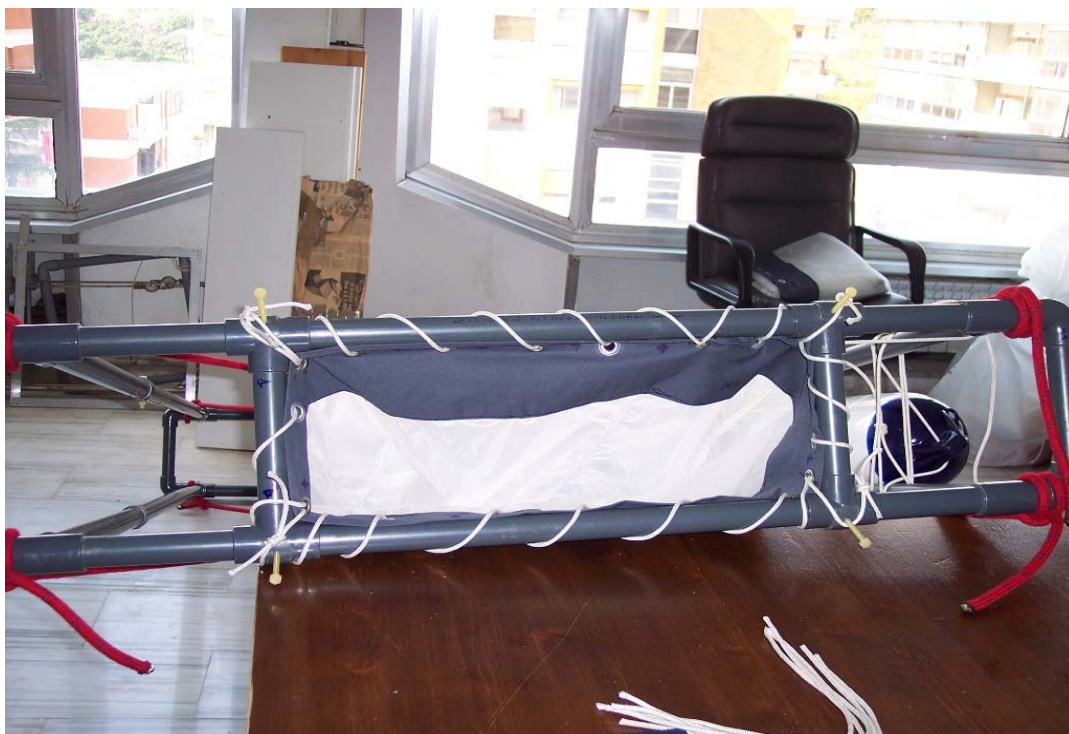


Figura 9. Apertura rettangolare del retino.

Dispositivi di campionamento simili a quello messo a punto per le Saline di Tarquinia sono stati utilizzati anche in altri casi (Ellertsen, 1977; Schram et al., 1981).

Le retinate orizzontali nelle Saline sono state compiute trascinando la struttura in diagonale da una sponda all'altra di ciascuna vasca. Le retinate sono state eseguite senza mai dover entrare in acqua, azione che avrebbe determinato sollevamento del sedimento con compromissione del campionamento stesso; a tal fine all'imboccatura della struttura è stata legata una corda galleggiante, lunga circa 60 metri, che è servita a trainare la struttura da una sponda all'altra della vasca. Un'altra corda galleggiante, invece, è stata legata alla base con il fine di guidare la struttura nelle fasi di campionamento in modo che questa compiesse traiettorie dritte. In figura 10 è mostrata una fase del campionamento.

Il campionamento dello zooplankton è stato compiuto con la struttura sopra descritta ogni volta che l'altezza della colonna d'acqua superava almeno i 30 cm. Prove sono state compiute anche quando la colonna d'acqua era più bassa, ma la struttura è venuta in contatto con il fondo, ha sollevato il sedimento e la fauna che lo abita, alterando la composizione del mezzo, ostruendo i pori delle maglie e inficiando quindi il risultato finale.



Figura 10. Fase di campionamento dello zooplankton, galleggiamento della struttura.



Figura 11. Fase di campionamento dello zooplankton, retinata orizzontale.

Per ogni stazione il campionamento è stato standardizzato in questo modo: le retinate hanno coperto una distanza di circa 40 m, e sono state effettuate a una velocità costante di 0,3 m/s. Il volume d'acqua filtrato è stato stimato in circa 4 m³ per retinata; tale valore è dato dal prodotto dell'area dell'imboccatura del retino per la distanza percorsa dalla struttura in acqua.

Una volta terminata la retinata, la struttura è stata sollevata sulla sponda di destinazione, si è aspettato che terminasse la filtrazione dell'acqua residua presente nel retino e, di seguito, la superficie esterna di questo è stata risciacquata con acqua dolce per recuperare eventuali organismi zooplanctonici rimasti impigliati nelle maglie del retino. Terminato il risciacquo, il bicchiere di raccolta è stato staccato dal retino, prestando attenzione a non perdere aliquote di materiale e il contenuto è stato trasferito e conservato in bottiglie in polietilene a collo largo da 1 litro (figura 12), opportunamente siglate con data e stazione di campionamento e maglia del retino (Figura 13).



Figura 12. Fase di raccolta del campione.

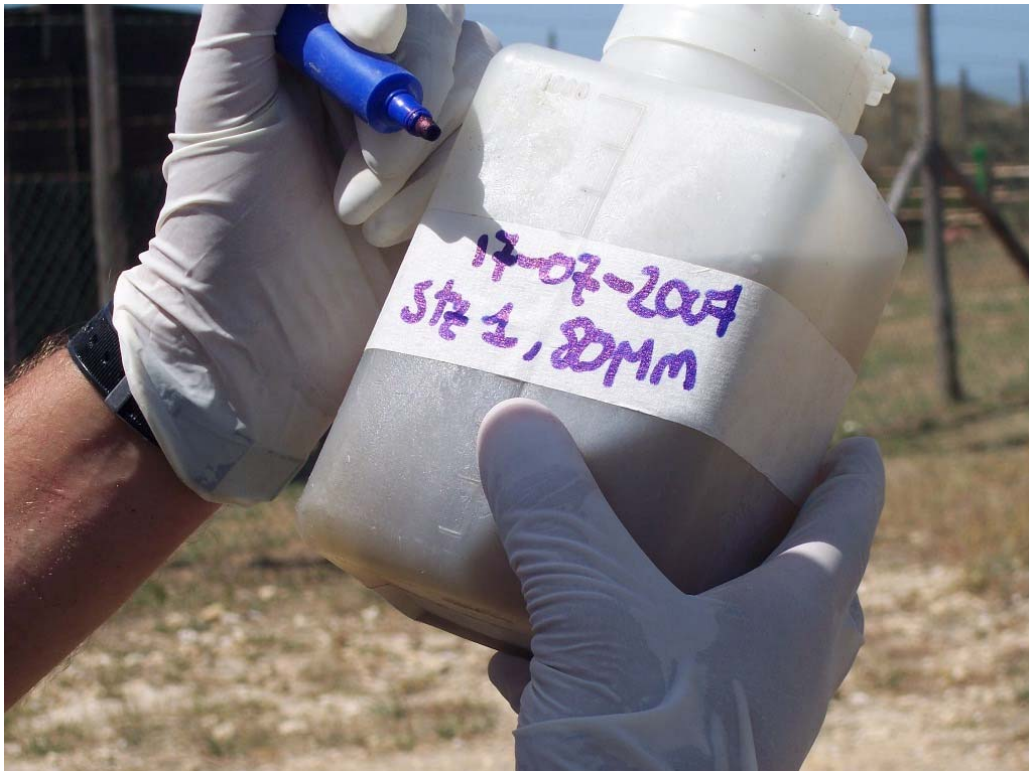


Figura 13. Siglatura del campione.

Il campione è stato immediatamente fissato con formalina tamponata al 4% e conservato a temperatura ambiente, lontano da fonti di calore ed eccessiva illuminazione.

Per ogni stazione di campionamento è stata eseguita una sola replica, avendo constatato che non sussistevano differenze significative, né nella composizione in specie dello zooplancton, né nei parametri chimico-fisici nelle diverse zone di una stessa vasca; lo zooplancton raccolto con una singola retinata è stato ritenuto rappresentativo dell'effettiva composizione della stazione.

Nel corso del tempo i campionamenti sono stati compiuti sempre negli stessi settori di vasca, a eccezione dei casi in cui le condizioni delle vasche stesse, ad esempio in caso di eccessiva presenza di macrofite o macroalghe, hanno indotto a scegliere aree in cui la colonna d'acqua fosse sgombra da vegetazione e quindi disponibile al prelievo. In figura 14 è indicata, per la stazione 3, la porzione di vasca attraversata e la direzione del campionamento.



Figura 14. Direzione delle retinate nella stazione 3.

Nei mesi in cui, invece, l'altezza della colonna d'acqua era inferiore a 30 cm, lo zooplancton è stato campionato prelevando campioni d'acqua con un becher graduato da 3 litri e filtrandola in un retino da zooplancton con maglia da 80 μm .

Questo metodo, però, non è confrontabile con quello della retinata orizzontale, perché il volume d'acqua filtrato e la superficie di vasca investigata sono considerevolmente più bassi. Con questo metodo si possono compiere solo analisi qualitative del popolamento zooplanctonico e non è possibile ottenere una stima realistica delle densità e delle biomasse dello zooplancton presente all'interno della vasca.

Nella fase di messa a punto del metodo di campionamento, lo zooplancton è stato campionato contemporaneamente con entrambi i retini; si è poi scelto di utilizzare il retino con maglia da 80 μm , perché, a parità di efficacia nel trattenimento dello zooplancton di taglia maggiore, trattiene anche forme più piccole, come i naupli di Copepodi e i copepoditi e, tra il meroplancton, tutte le larve di Lamellibranchi, di Cirripedi e di Policheti, alcuni Rotiferi e i Copepodi Ciclopoidi e Arpacticoidi di taglia minore.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti sempre nella seconda metà del mese, facendo passare tra l'uno dall'altro non meno di 25 giorni, sempre di mattina, tra le 9 e le 13, scegliendo giornate con condizioni climatiche stabili ed evitando situazioni di tempo ventoso o piovoso.

3.3 Misure di densità e biomassa dello zooplancton

La densità degli organismi zooplanctonici è stata determinata in laboratorio utilizzando un microscopio stereoscopico con illuminazione invertita a 100 X d'ingrandimento. Le modalità di stima della densità dello zooplancton seguono, con qualche modifica, protocolli standardizzati (Zunini Sertorio, 1990) Il campione è stato inizialmente diluito con formalina tamponata al 4% fino al raggiungimento di un volume noto ed è stato, in seguito, suddiviso in frazioni tanto basse ($1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$... $1/256$, $1/528$) quanto più alta era di volta in volta la densità dello zooplancton nel campione raccolto.

Di seguito le singole frazioni sono state osservate al microscopio, iniziando da quella più bassa e per ogni frazione sono stati contati gli individui di ogni singola specie.

Terminato il conteggio e l'identificazione delle specie presenti in una frazione del campione esaminato, se per una singola specie sono stati contati un numero di individui superiore a 100 (x), nelle frazioni successive non si è proseguito il conteggio per quel taxon.

Il numero d'individui contati per ogni singola unità tassonomica (x) è stato poi moltiplicato per la frazione alla quale si era raggiunta la soglia di 100, in modo da ottenere il numero stimato d'individui totali (N) nell'intero campione. Il valore di densità (Ind/m^3) si è ottenuto dividendo N per i metri cubi d'acqua filtrati.

I calcoli sono stati sempre eseguiti assumendo un'efficienza di filtrazione del retino del 100%.

Per l'eccessiva presenza di materiale vegetale in quasi tutti i campioni, non è stato possibile misurare la biomassa di ciascuna specie dal peso secco del campione.

Per la stima della biomassa, sono stati pertanto calcolati i valori medi del volume corporeo delle singole specie, assimilando la morfologia dei taxa a forme geometriche varie e utilizzando la metodica utilizzata da Smheleva (1965) per gli organismi zooplanctonici dell'Adriatico. Poiché il peso specifico d'ogni singolo organismo planctonico è pari a 1, il biovolume ottenuto è stato stimato uguale alla sua biomassa del singolo organismo.

La biomassa totale di ciascun taxon si è ottenuta, infine, moltiplicando la biomassa media della singola specie, per valori di densità stimati su ogni singola unità tassonomica.

Per le specie più abbondanti, la biomassa rappresentativa è stata stimata dal del biovolume medio calcolato su circa 100 individui, selezionati dal campione in base alle taglie più frequenti. Per le specie rare, il valore di biomassa è stato ottenuto dalla media dei biovolumi dei singoli individui presenti nel campione (Riccardi & Mariotto, 2000).

3.4 Campionamento dei Copepodi associati a *Ruppia cirrhosa*

Le vasche delle Saline appartenenti ai settori “Sterro” e “Piscine” presentano tutto l’anno abbondanti quantità di *Ruppia cirrhosa*. In parallelo al campionamento dello zooplancton è stato compiuto anche il prelievo di *Ruppia* finalizzato alla ricerca degli organismi legati ai fusti fluttuanti di questa macrofita.

Esperimenti analoghi sui Copepodi associati a macrofite acquatiche e a macroalghe sono stati condotti in acque lagunari o marino costiere (Arunachalam & Balakrishnan Nair, 1988; Olafsson et al., 2001; Arroyo et al., 2007).

Fino ad oggi, però, non è stato eseguito nessuno studio sugli organismi che vivono legati alla macrofita *Ruppia cirrhosa* in un ambiente iperalino.

Questo tipo di esperimento è stato condotto con lo scopo di mettere a confronto la composizione tassonomica della fauna vagile che vive sulla pianta, con quella dello zooplancton prelevato dalla colonna d’acqua.

I prelievi di *Ruppia cirrhosa* sono stati compiuti nell’arco di tre ragioni, nell’inverno, nella primavera e nell’estate del 2007 in una sola vasca, la stazione 2, (figura 15) già oggetto di campionamento dello zooplancton.



Figura 15. *Ruppia cirrhosa* nella stazione 2.

Questa stazione presenta, intorno alle sponde, abbondanti quantità di *Ruppia cirrhosa* e si caratterizza per avere salinità intermedie tra quelle riscontrate nelle Saline.

Per il campionamento, sono stati scelti tre punti fissi nella vasca (figura 16). L'area di prelievo è stata delimitata con tubi di plastica cilindrici di 30 cm di diametro, i quali sono stati inseriti profondamente nel fondo della vasca, facendo attenzione a non rimuovere eccessivamente il sedimento. Delimitata l'area, una certa quantità di *Ruppia* contenuta all'interno dei tubi, è stata asportata, prelevando rizomi e radici ed è stata rapidamente trasferita in buste di plastica.



Figura 16. Punti di prelievo della *Ruppia*.

Al fine di recuperare gli organismi presenti nelle vicinanze della pianta e sfuggiti via all'atto dell'asportazione della pianta dalla vasca, è stata poi prelevata anche l'acqua presente all'interno del tubo. Per fare ciò si è utilizzato un becher graduato.

La *Ruppia* prelevata è stata poi trasferita dalle buste in un contenitore di plastica (figura 17) dove è stata abbondantemente e ripetutamente risciacquata con acqua dolce per separare gli organismi dalla pianta. L'acqua di risciacquo è stata infine filtrata in un retino con maglia da 80 μm e lo stesso retino è stato utilizzato per filtrare l'acqua contenuta nel cilindro nel quale era stata prelevata la *Ruppia*.

La porzione di *Ruppia cirrhosa* campionata è stata pesata e la densità degli organismi riscontrati è stata stimata secondo la procedura descritta per lo zooplankton e rapportata in questo al peso fresco di pianta campionata e standardizzata su 100 g di pianta fresca.



Figura 17. Contenitore in cui è stata risciacquata *Ruppia cirrhosa*.

3.5 Riconoscimento tassonomico

Il riconoscimento dello zooplancton è stato effettuato in laboratorio presso la Bioservice Srl. Nell'analisi dei campioni di zooplancton si è prima di tutto provveduto al riconoscimento delle categorie tassonomiche superiori, separando subito i naupli di Copepodi e il meroplancton dagli organismi adulti, ma per nessuno stadio larvale è stato eseguito un riconoscimento a livello di specie.

Per il riconoscimento delle categorie tassonomiche superiori (phylum, classe, ordine) ci si è avvalsi di un microscopico stereoscopico a luce invertita (ZEISS mod STEM SV8), mentre, per il riconoscimento dei livelli tassonomici inferiori, famiglie, generi e specie, è stato utilizzato un microscopio ottico a contrasto di fase (ZEISS Axioshop).

Lo zooplancton trovato nel corso del tempo nelle Saline di Tarquinia è costituito da diversi gruppi, per la cui identificazione ci si è rivolti a vari esperti; in aggiunta sono state utilizzate anche chiavi tassonomiche presenti in rete e pubblicazioni specifiche.

Per il riconoscimento dei Copepodi Calanoidi e Ciclopoidi si è fatto riferimento al Dott. Luigi M. Valiante della Bioservice Srl, esperto di zooplancton marino costiero, mentre per l'identificazione del Copepode Calanoide iperbentonico *Pseudocyclops umbraticus*, si è chiesto aiuto al Prof. Giacomo Zagami dell'Università degli Studi di Messina. Per l'identificazione dei Copepodi Calanoidi e Ciclopoidi, sono stati utilizzati anche vari testi e pubblicazioni specifiche (Rose, 1933; Tregouboff & Rose, 1957; Carli & Crisafi, 1983; Defaye & Dussart, 1995).

Quello dei Copepodi Arpacticoidi è stato il gruppo che si è presentato, nel corso del tempo, con il maggior numero di taxa e che, per questo motivo, ha richiesto un grande sforzo e molto tempo per il riconoscimento, complice la difficoltà intrinseca nell'identificazione delle singole specie che costituiscono questo sottordine di Copepodi e la sua generale scarsa conoscenza. Per il riconoscimento degli Arpacticoidi, la collaborazione del Prof. Vezio Cottarelli, dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, è stata fondamentale. Per l'identificazione della maggior parte dei generi e delle specie di Copepodi Arpacticoidi, è stato necessario dissezionare alcuni individui di sesso femminile, e compiere in seguito un'analisi morfologica di parti del corpo distintive per la classificazione, come le appendici toraciche, il primo paio di antenne o la furca. Per l'identificazione dei Copepodi Arpacticoidi sono state utilizzate anche

chiavi dicotomiche presenti in rete (Garlitska, 2001) e alcune pubblicazioni (Lang 1965; Defaye & Dussart, 1995; Huys et al., 1995).

I Rotiferi sono stati identificati a livello di genere, grazie al prezioso contributo del Dott. Diego Fontaneto dell'Università di Milano.

3.6 Parametri ambientali

In occasione dei campionamenti di zooplankton, sono stati misurati i principali parametri chimico-fisici delle vasche. Salinità, temperatura e altezza della colonna d'acqua sono state misurate mensilmente, conducibilità, pH e ossigeno stagionalmente. Tutti i parametri sono stati misurati per mezzo di sonde da campo, con la strumentazione indicata in tabella 1.

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	STRUMENTO
Temperatura	°C	Termometro digitale - Oa.Eu.In. pH5/6 & ion 6
Altezza colonna d'acqua	Cm	Cordicella metrica
pH	Unità di pH	pH – metro digitale - Oa.Eu.In. pH5/6 & ion
Salinità	PSU	Salinometro a rifrazione - Optech K7 1322
Conducibilità	μS	Conduttimetro digitale – HI 8733C
Ossigeno disciolto	mg/l	Ossimetro digitale - WTW Oxi 330/SET

Tabella 1. Parametri chimico-fisici misurati e relativi strumenti impiegati.

I parametri sono stati presi in maniera conservativa, scegliendo, per ciascuna stazione, sempre gli stessi orari di campionamento, al fine di ridurre al minimo le variazioni dovute alle oscillazioni diurne dei parametri climatici.

Ogni singolo parametro è stato misurato compiendo tre repliche in punti diversi della vasca, alla profondità di 10 cm dalla superficie dell'acqua. Per la temperatura e la salinità è stata verificata l'assenza di stratificazione significativa in una colonna d'acqua alta mediamente 40 cm.

3.7 **Analisi statistiche dei dati**

Al fine di determinare le variazioni spaziali e temporali dello zooplankton, i dati di biomassa stimata di ciascun taxon per ciascun mese di campionamento nelle 4 stazioni sono stati assemblati in una matrice e sottoposti a procedure di ordinamento.

Per rappresentare le relazioni tra campioni piuttosto eterogenei nel tempo e nello spazio, ci si è avvalsi dell'analisi delle Coordinate Principali (Gower, 1966), una metodica di ordinamento degli oggetti nello spazio definito da una qualsiasi matrice di distanza o di similarità. Questa tecnica di ordinamento ha la proprietà di preservare al meglio le distanze originali fra gli oggetti nello spazio ridotto, definito dagli assi principali (Scardi, 1998).

Per rappresentare con maggiore dettaglio le relazioni tra le specie, le stazioni e il periodo di campionamento, è stata utilizzata l'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze, che consente di rappresentare simultaneamente i punti-variabile e i punti-osservazione, con coordinate tali da rendere massima la correlazione fra i due insiemi per ogni fattore. Il vantaggio di questa tecnica sta nell'equivalenza della distribuzione, con cui si intende che, poiché a essere analizzati, sono, sostanzialmente, dei profili, il risultato globale dell'analisi non cambia se, ad esempio, le osservazioni relative a due entità tassonomiche, la cui separazione è dubbia, vengono cumulate o mantenute separate. La qualità della rappresentazione ottenuta nello spazio ridotto definito dagli assi fattoriali può essere stimata sulla base degli autovalori estratti, per quanto riguarda la qualità globale dell'ordinamento e il grado di strutturazione del sistema e sulla base dei contributi relativi, per quanto riguarda i singoli taxa e le stazioni (Scardi, 1998).

Per stimare livello di similarità tra le stazioni, utilizzando la stessa matrice di dati, sono stati applicati i test AN.O.SIM. e il test di MANTEL. Il Test ANOSIM (acronimo per ANAlisys Of SIMilarity) è una procedura non-parametrica che consente di verificare se le differenze fra due o più gruppi di osservazioni multivariate sono significative o meno (Clarke, 1993). Il test può essere effettuato su una qualunque misura di distanza o di dissimilarità fra le osservazioni da analizzare (Scardi, 2001).

Il Test di Mantel, di recente introduzione in Ecologia, è stato utilizzato al fine di determinare una misura del grado di correlazione esistente fra due matrici di distanze (di cui una può essere di tipo geografico) o di similarità.

4 Risultati e discussione

4.1 Parametri ambientali

4.1.1 Salinità

Il parametro chimico fisico maggiormente discriminante per il numero di taxa e l'abbondanza dello zooplancton, ma non solo, nelle Saline è la salinità.

Questo parametro è stato determinato mensilmente, in occasione dei prelievi di zooplancton nelle 4 stazioni scelte per i campionamenti, e solo in un caso, nel mese di Marzo del 2007, è stato misurato nella maggior parte delle vasche delle Saline, al fine (figura 18) di verificare la conservazione del gradiente salino nell'ecosistema, a dieci anni dalla dismissione dell'attività di produzione del sale.

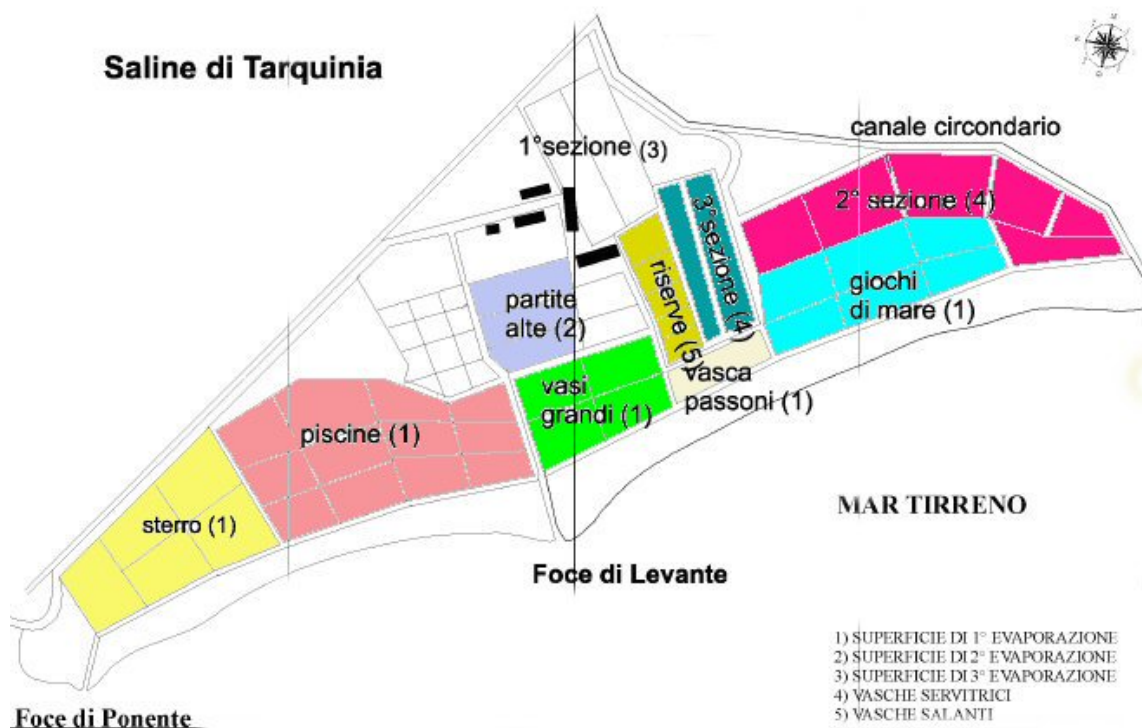


Figura 18. Settori delle Saline di Tarquinia in cui è stata misurata la salinità.

In occasione di questo campionamento si è visto che il gradiente salino si è conservato come si può osservare in tabella 3.

<u>Settore Saline</u>	<u>Intervallo di Salinità PSU</u>
Sterro	38 - 40
Piscine	44 – 54
Vasi Grandi	66 – 68
Vasca Passoni	72
Giochi di Mare	72 - 74
Partite Alte	64 – 66
2 ^a Sezione	70 – 72
3 ^a Sezione	66
Riserve	80 - 90

Tabella 3. Salinità nei diversi settori delle Saline di Tarquinia a Marzo 2007.

La salinità variava da valori prossimi a quelli marini nel settore “Sterro”, in prossimità della “Foce di Ponente”, da dove l’acqua di mare è fatta entrare, a valori di 90 PSU nelle “Riserve”, le cui vasche, quando le Saline erano ancora attive, avevano la funzione di bacini salanti.

Nel corso dei 18 mesi di campionamento la salinità è stata misurata mensilmente nelle singole stazioni in concomitanza con i prelievi di zooplancton.

I risultati sono riportati nel grafico seguente (figura 19).

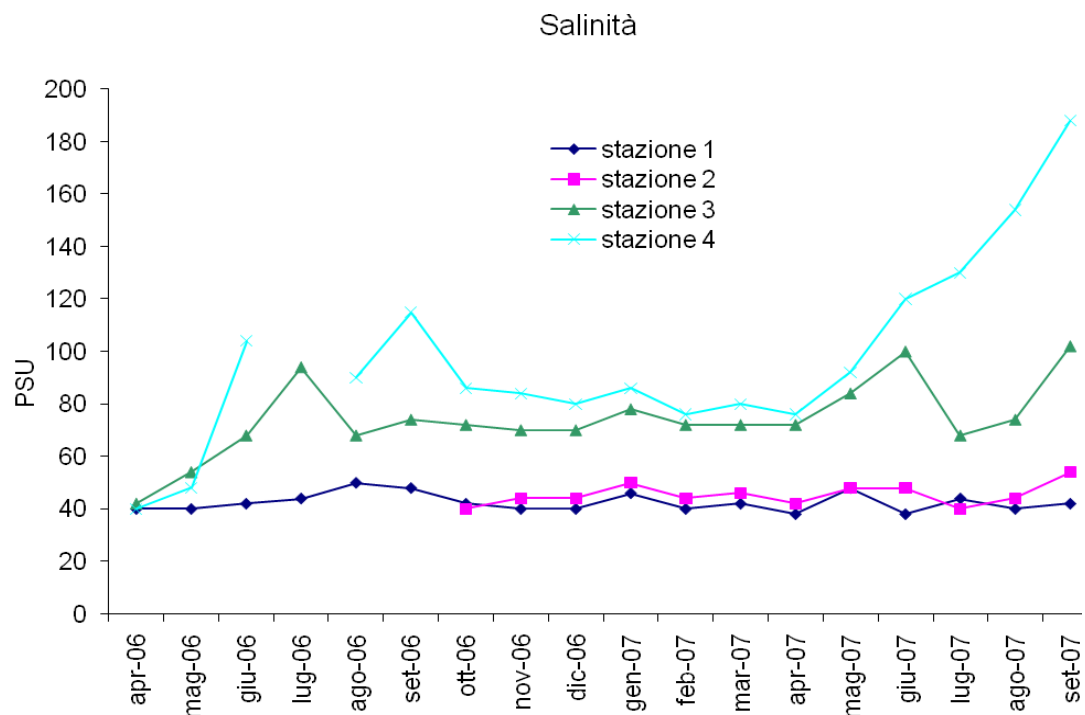


Figura 19. Andamento della salinità nelle stazioni di monitoraggio.

Le stazioni 1 e 2 hanno mostrato valori di salinità simili, con oscillazioni ridotte nel corso dell'intero periodo di campionamento. Per la stazione 1, il valore minimo (38 PSU), pressoché uguale alla salinità dell'acqua di mare, è stato misurato in vari mesi; un picco di 50 PSU è stato registrato nell'Agosto del 2006, come probabile conseguenza di una forte irradiazione e maggiore evaporazione. Il valore medio è pari a 42 PSU.

Nella stazione 2, che è stata campionata per 12 mesi, dall'Ottobre 2006 al Settembre 2007, si è riscontrato un minimo di 40 PSU a Ottobre 2006 e Luglio 2007 e un massimo di 54 PSU nel Settembre 2007, mentre il valore medio è pari a 45 PSU.

Le due stazioni, come vedremo, hanno presentato somiglianze sia nel popolamento zooplanctonico, sia nel tipo di vegetazione acquatica.

La stazione 3 ha mostrato, invece, condizioni intermedie di salinità. Questa appartiene al settore "Vasi Grandi" ed è posta a valle della "Foce di Levante", il punto di fuoriuscita delle acque dalle Saline.

Il ricircolo e il ricambio dell'acqua in questo settore, e in tutta la porzione di Saline a valle di questa stazione, sono bassi e la salinità è fortemente influenzata dall'evaporazione ed eventuali dolcificazioni avvengono soltanto con l'apporto delle

precipitazioni, e le oscillazioni sono pertanto anche molto elevate. Il minimo di salinità (42 PSU) è stato misurato nell'Aprile 2006, un mese in cui in questa stazione si risentiva ancora fortemente dell'alluvione del Novembre 2005 che ha portato una dolcificazione delle acque in tutte le Saline di Tarquinia. La salinità è tornata a livelli più elevati (68 PSU) nel mese di Giugno dello stesso anno, e ha raggiunto dei picchi intorno a 100 PSU, in più occasioni, nel corso dei mesi estivi. Il valore medio nell'intero periodo è pari a 74 PSU.

La stazione 4, la più interna e la più lontana in termini di distanza dal punto d'ingresso delle acque di mare, è stata quella che ha registrato la salinità media più elevata (97 PSU), con un valore minimo di 40 PSU nell'Aprile del 2006, similmente a quanto avvenuto nella stazione 3 e in ragione dello stesso motivo, e un picco di 188 PSU nel mese di Settembre 2006.

In figura 20 è possibile osservare la salinità media calcolata nelle singole stazioni.

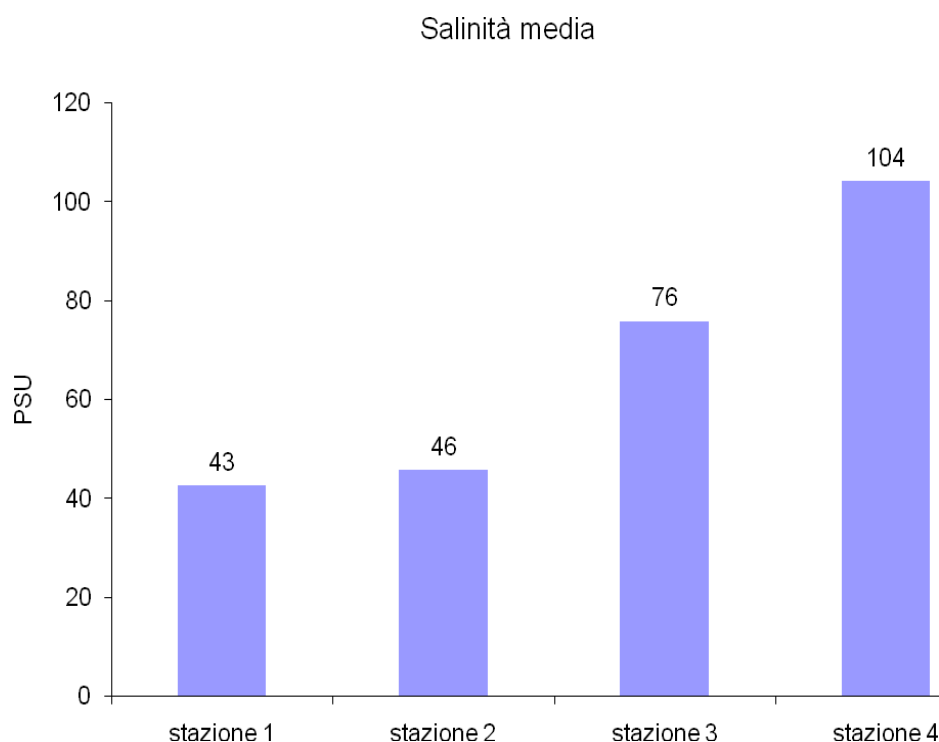


Figura 20. Salinità media nelle stazioni di monitoraggio.

Un discorso a parte merita la stazione 7, la cosiddetta ‘Vasca di Cristallizzazione’, in cui avveniva la precipitazione del sale e il suo trasferimento ai siti di raccolta e purificazione, quando le Saline erano ancora in funzione.

In questa stazione la salinità è stata misurata due volte, a Maggio del 2007, in occasione del campionamento dello zooplankton e a Luglio dello stesso anno, e i valori misurati sono stati rispettivamente pari a 260 e 264 PSU.

4.1.2 Temperatura

La temperatura della colonna d’acqua delle stazioni è stata misurata mensilmente in occasione dei campionamenti di zooplankton, fatta eccezione i casi d’inconvenienti tecnici che ne hanno impedita la misurazione.

Gli andamenti nell’intero periodo di campionamento si possono osservare in figura 21.

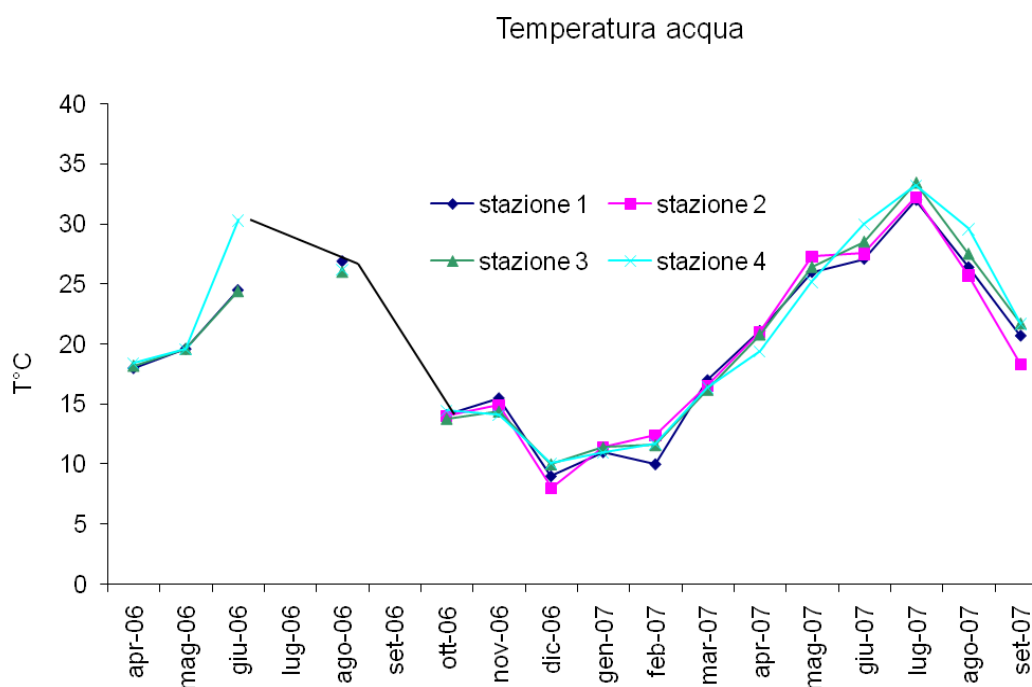


Figura 21. Temperatura dell’acqua misurata nell’intero periodo di campionamento.

Considerata la scarsa altezza della colonna d'acqua, la temperatura delle singole stazioni ha risentito fortemente delle condizioni meteo climatiche e della stagionalità, e i valori misurati sono compresi tra un minimo di 8 °C, misurato nel mese di Dicembre 2006 e un massimo di 33°C, misurato nel Luglio del 2007.

Nessuna differenza significativa nei valori di temperatura è stata osservata tra le singole vasche, per mancanza di stratificazione della colonna d'acqua in tutte le stazioni prese in considerazione.

4.1.3 pH

Le misure di pH non sono state compiute mensilmente, ma solo stagionalmente, a scopo puramente informativo, considerata la stabilità generale di questo parametro in tale tipo di ambiente.

I risultati delle misure, mediati sull'intero periodo, sono riassunti in figura 22.

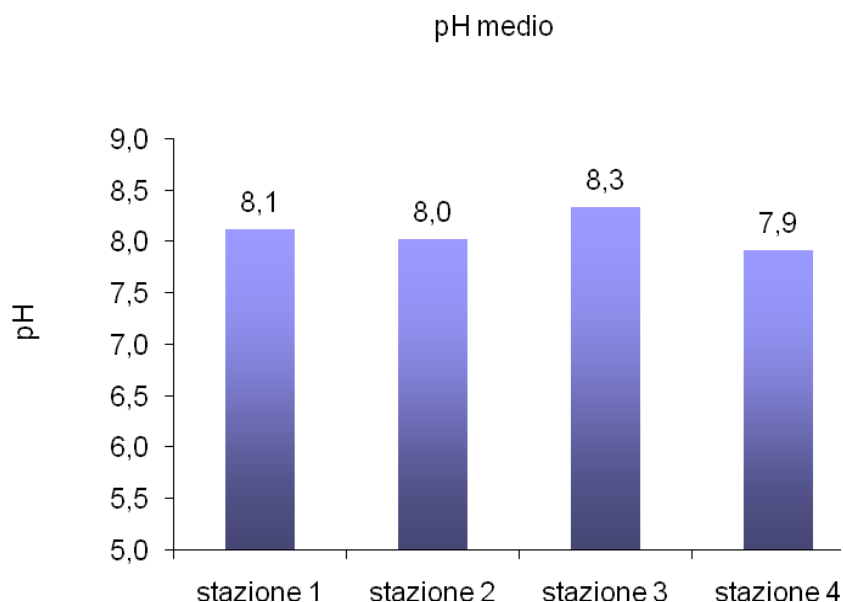


Figura 22. Valori di pH medio misurati nelle stazioni di campionamento.

I valori di pH sono mediamente alcalini e, solo in un caso, nel corso dell'intero periodo di campionamento, sono stati riscontrati valori inferiori alla neutralità (6,8) nella stazione 1, nel mese di Gennaio 2007.

Valori simili di pH sono stati riscontrati anche in altre Saline, come quelle della Camargue (Thiery & Puente, 2002) e nei bacini di evaporazione nella Baia di San Francisco (Takekawa et al., 2006).

4.1.4 Altezza della colonna d'acqua

Nel corso dei 18 mesi di campionamento la colonna d'acqua ha subito delle oscillazioni in tutte le stazioni, più pronunciate in quelle interne, dove l'effetto dell'evaporazione per il ridotto ricircolo e ricambio delle acque, è sempre molto preponderante anche 10 anni dopo la dismissione dell'impianto.

In generale le stazioni 1 e 2, che sono comprese tra la "Foce di Ponente", punto d'ingresso dell'acqua di mare e la "Foce di Levante", punto di deflusso, hanno volume d'acqua maggiore e sono soggette a oscillazioni minori e hanno un maggior ricambio idrico.

In figura 23 si possono osservare le variazioni temporali dell'altezza della colonna d'acqua nelle 4 stazioni.

Osservando il grafico si può notare che nel corso dell'ultimo anno di campionamento, complice la scarsa piovosità e le temperature atmosferiche sopra la media stagionale, soprattutto nel periodo autunnale e invernale, l'altezza della colonna d'acqua nelle stazioni 1 e 2 si è andata progressivamente riducendo.

Nelle stazioni 3 e 4 l'altezza della colonna d'acqua è stata, mediamente, sempre più bassa, in particolare nella stazione 4, che nel Luglio 2006, era completamente prosciugata.

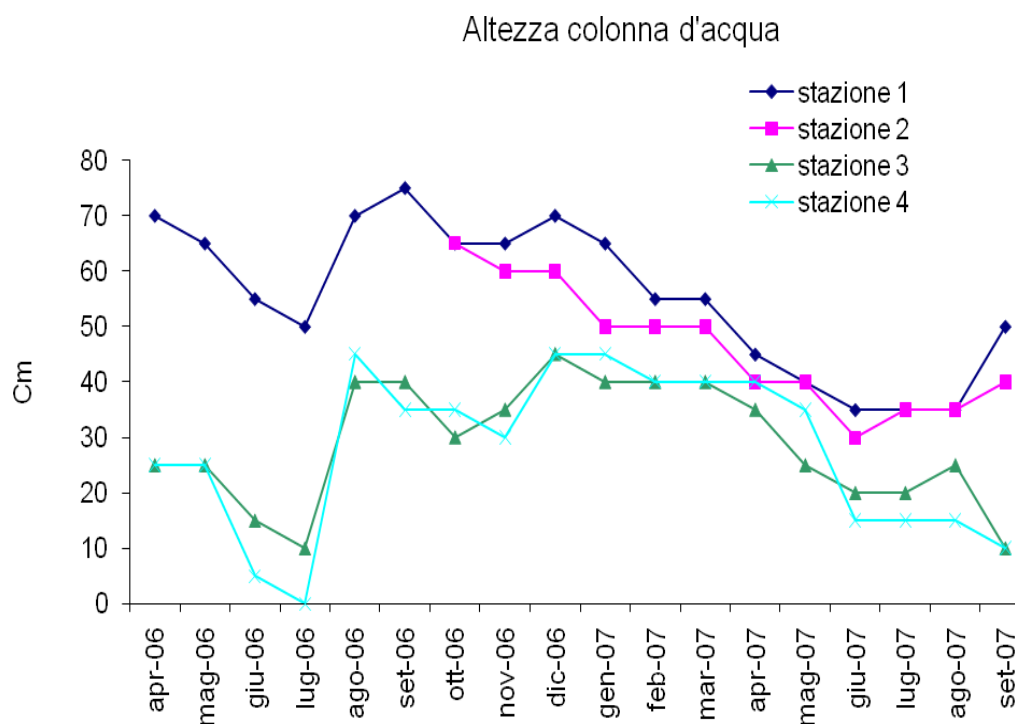


Figura 23. Variazioni nell'altezza della colonna d'acqua nelle stazioni campionate.

Nell'intero periodo, il valore medio d'altezza per le 4 stazioni è riportato nella seguente tabella (4).

Stazione	Altezza media colonna d'acqua
1	55
2	45
3	30
4	25

Tabella 4. Altezza media della colonna d'acqua.

4.1.5 Parametri meteo climatici

Le Saline di Tarquinia nascono in un'area piuttosto secca, con clima tipicamente mediterraneo, caratterizzato da estati calde e secche e da inverni miti, più umidi e piovosi.

Il periodo di campionamento 18 mesi da Aprile 2006 a Settembre 2007 è stato caratterizzato da un inverno piuttosto caldo, con temperature minime e massime sempre superiori alla media del periodo.

La piovosità è stata abbastanza contenuta, se si fa eccezione del Settembre 2006, in cui sono caduti oltre 167 mm d'acqua.

Nelle tabelle 5 e 6 sono riportati gli andamenti della piovosità e le medie delle temperature minime e massime registrate per gli anni 2006 e 2007, nella stazione meteorologica di Tarquinia, situata in località Portaccia.

Anno 2006

Mese	TmMin	TmMed	TmMax	UmMed	Pioggie	Cumulata
01 - Gennaio	3	6,9	12,5	70	10,8	10,8
02 - Febbraio	3,7	8,5	14,4	72	49,1	59,9
03 - Marzo	5,4	10,3	16	74	63,5	123,4
04 - Aprile	8,3	14,5	21	78	25	148,4
05 - Maggio	11	18,3	25,1	74	4,9	153,3
06 - Giugno	13,4	21,3	28,7	62	7	160,3
07 - Luglio	19,5	26,5	33	66	11,8	172,1
08 - Agosto	17,8	23,9	30	72	9,9	182
09 - Settembre	15,7	21,5	27,9	77	167	349
10 - Ottobre	14,1	18,7	25,3	79	42,1	391,1
11 - Novembre	7,8	13,3	20,6	82	14,9	406
12 - Dicembre	6,9	10,9	17,2	78	42,8	448,8

Tabella 5. Parametri meteo climatici per l'anno 2006.

Anno 2007

Mese	TmMin	TmMed	TmMax	UmMed	Pioggie	Cumulata
01 - Gennaio	5,5	10,6	16,5	85	26,7	26,7
02 - Febbraio	5,4	10,7	16,9	82	66,1	92,8
03 - Marzo	6,7	11,8	18	79	54,5	147,3
04 - Aprile	8,6	15,5	22,5	80	17,5	164,8
05 - Maggio	12	18,8	25,2	79	50,4	215,2
06 - Giugno	16	22,2	28,1	80	10,8	226
07 - Luglio	15,8	24,1	30,8	71	0,6	226,6
08 - Agosto	18,5	24,6	30,8	74	2,6	229,2
09 - Settembre	14,9	21	27,4	72	21,7	250,9

Tabella 6. Parametri meteo climatici per l'anno 2007.

4.2 Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia: analisi descrittiva

4.2.1 Caratteristiche generali

La presenza di macrofite e macroalghe in colonna d'acqua nelle stazioni a monte e di materiale particolato nelle stazioni a valle ha determinato che, con le retinate orizzontali compiute per campionare lo zooplancton, si catturassero anche specie più legate agli strati superficiali del fondo, o associate alle piante.

Si è pertanto deciso di includere nella stima delle densità e delle biomasse dello zooplancton, tutti i Copepodi Arpacticoidi, che ecologicamente sono classificati come organismi meiobentonici, epibentonici o strettamente associati alle macrofite e macroalghe. Si deve tenere però conto del fatto che questi organismi sono capaci di movimenti verticali attivi dal fondo verso la superficie e alcuni di loro hanno ottime capacità natatorie, e che perciò sono stati campionati liberi in colonna d'acqua.

Sono stati, con lo stesso criterio, inclusi anche gli Ostracodi e i Foraminiferi. Sono stati, invece, esclusi dal conteggio i Nematodi, in quanto legati strettamente al fondo quindi tipicamente meiobentonici e non capaci di movimenti migratori attivi e i Crostacei Isopodi e Anfipodi, appartenenti al macrozoobenthos.

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è risultato principalmente costituito da Copepodi, seguono forme meroplanctoniche, Anostraci, Ostracodi, Protozoi, Rotiferi, Cnidari (figura 24).

In tabella 7 è mostrata la lista di taxa ritrovati nelle Saline durante l'intero periodo di campionamento.

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia comprende in prevalenza Copepodi associati alla vegetazione acquatica e meiobentonici e in minore quantità specie del plancton costiero.

Il meroplancton è risultato prevalentemente costituito da larve di Lamellibranchi, mentre il secondo taxon in ordine d'importanza sono state le larve di Policheti. I Cladoceri sono sempre stati assenti, molto rari i Rotiferi di taglie superiori a 80 µm.

I Protozoi Ciliati (*Fabrea salina*) sono stati trovati solo in vasche con salinità superiori a 130 PSU.

Artemia salina è stata riscontrata solo in una stazione, con salinità superiore a 250 PSU.

Check list Zooplancton Saline di Tarquinia.

Oloplancton

	Staz 1	Staz 2	Staz 3	Staz 4	Altre
<u>Copepodi</u>					
Naupli	X	X	X	X	
<u>Calanoidi</u>					
<i>Acartia clausi</i>	X	X	X	X	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	X	X			
<u>Ciclopoidi</u>					
<i>Cyclopina gracilis</i>	X	X			
<i>Oithona</i> spp	X				
<u>Arpacticoidi</u>					
<i>Canuella perplexa</i>	X	X	X	X	
<i>Clytemnestra rostrata</i>	X	X			
<i>Diarthrodes</i> spp	X	X			
<i>Enhidrosoma propinquum</i>		X			
<i>Eudactylops spectabilis</i>	X	X			
<i>Euterpina acutifrons</i>	X				
<i>Harpacticus</i> spp	X	X	X*		
<i>Heterolaophonte</i> spp	X	X			
<i>Longipedia coronata</i>	X	X			
<i>Mesochra pygmaea</i>	X	X	X	X	
<i>Nitocra spinipes</i>			X	X	
<i>Robertgurneya similis</i>	X	X			
<i>Tisbe</i> spp	X	X	X*	X*	
Ectinosomidae	X	X			
Tegastidae	X	X			
Ameiridae	X	X			
Miraciidae (Ex Diodaccidae)	X	X			
<u>Poecilostomatoidi</u>					
<i>Corycaeus</i> spp	X				
<i>Oncaea</i> spp	X*				
<u>Anostraci</u>					
<i>Artemia salina</i>					Staz. 5-7,
<u>Ostracodi</u>					
Specie non identificate	X	X	X		
<u>Cnidari</u>					
Sifonofori non identif.	X				
<u>Rotiferi</u>					
<i>Brachionus plicatilis</i>				X	
<i>Testudinella</i> spp					Piscine*
<u>Protozoi</u>					
<i>Fabrea salina</i>			X*	X	Staz. 6
Foraminiferi	X	X	X		

Meroplancton					
Larve di Decapodi	X	X			
Larve di Gasteropodi	X	X	X		
Larve di Policheti	X	X			
Larve di Lamellibranchi	X	X	X	X	
Larve di Cirripedi	X	X			
Uova	X				

*ritrovamento in mesi non compresi nel periodo di campionamento o ritrovamenti occasionali

Tabella 7. Checklist dello zooplancton delle Saline di Tarquinia.

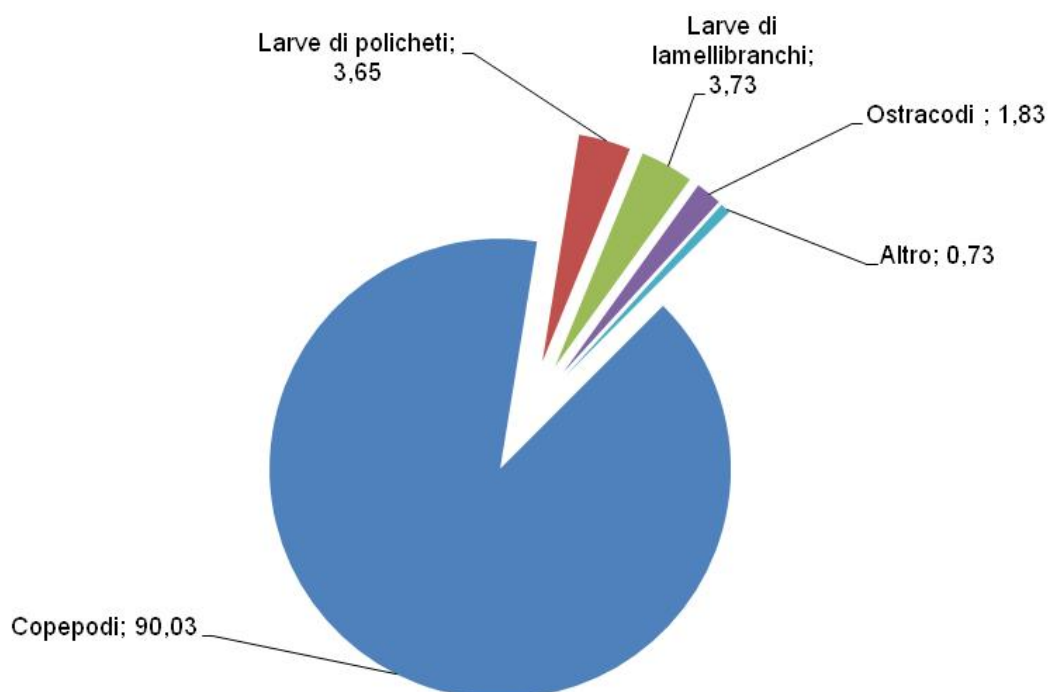


Figura 24. Composizione dello zooplancton delle Saline di Tarquinia.

Il numero di taxa dello zooplancton è variato notevolmente tra le diverse stazioni. Sui 35 taxa complessivi identificati all'interno delle Saline, ben 32 sono stati riscontrati nella stazione 1, mentre soltanto 7 nella stazione 4 (figura 25).

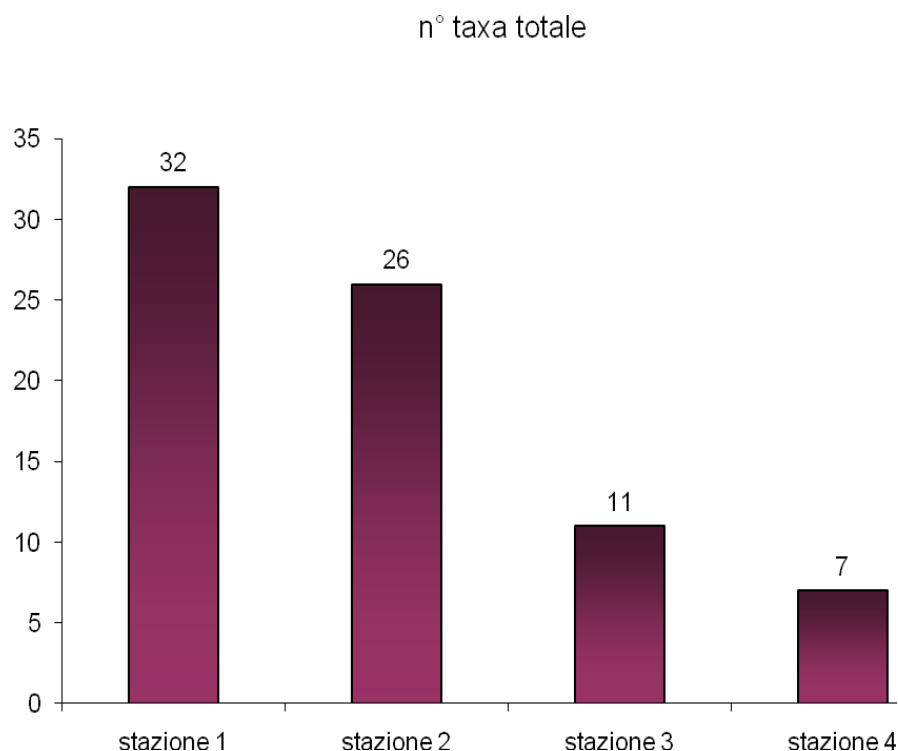


Figura 25. Numero totale di taxa riscontrati nelle stazioni.

Il numero di taxa riscontrati nelle diverse stazioni è aumentato con gli indici di densità e di biomassa ed è risultato inversamente proporzionale ai valori di salinità media misurata.

In figura 20 sono riportate le variazioni nel tempo del numero di taxa per stazione: si può notare una somiglianza tra le stazioni 1 e 2 da un lato, e tra le stazioni 3 e 4 dall'altro; queste ultime, durante l'intero periodo di campionamento, hanno mostrato un minor numero di taxa rispetto alle prime stazioni, in media 4 per la stazione 3, e 2 per la stazione 4, al cospetto dei 15 della stazione 1 e dei 14 della stazione 2.

I valori più alti di taxa zooplanctonici sono stati registrati nei mesi primaverili sostanzialmente in tutte le stazioni, mentre durante la stagione invernale si è avuta la massima riduzione del numero totale.

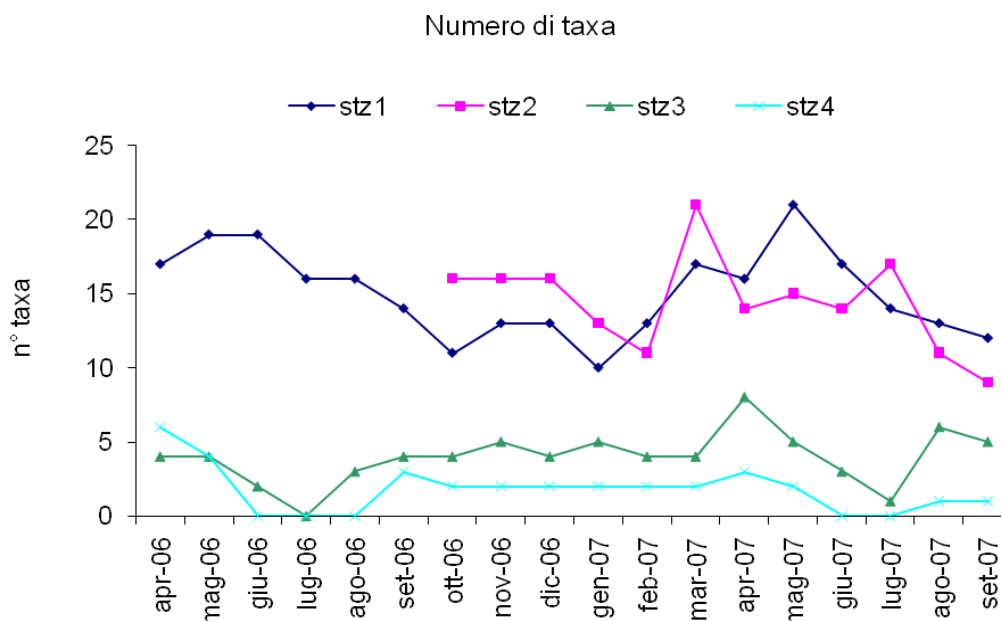


Figura 26. Variazioni nel tempo del numero di taxa nelle stazioni delle Saline di Tarquinia.

La variazione della densità dello zooplancton nelle quattro stazioni è riportata in figura 27. Si deve tenere conto che per la stazione 2 le osservazioni sono cominciate nell'Ottobre del 2006 e che per le stazioni 3 e 4, in alcuni mesi, non è stato possibile effettuare un campionamento quantitativo e quindi stimare densità e biomassa delle singole specie in colonna d'acqua, per la ridotta altezza di quest'ultima (<20 cm).

Nel corso dell'intero periodo di campionamento lo zooplancton ha avuto densità più elevate nelle stazioni 1 e 2, e densità notevolmente più basse nelle stazioni 3 e 4. I valori medi di densità mensile calcolati sull'intero periodo di campionamento sono stati per la stazione 1 di 16617 ind/m³, per la stazione 2 di 11527 ind/m³, per la stazione 3 di 3542 ind/m³ e per la stazione 4 di 2512 ind/ m³, come si può notare in figura 28.

I valori di densità sono stati inversamente proporzionali alla salinità media riscontrata nelle vasche. Nella stazione 4, la densità media mensile dello zooplancton è risultata circa 8 volte più bassa di quella della stazione 1 con una salinità media più del doppio superiore.

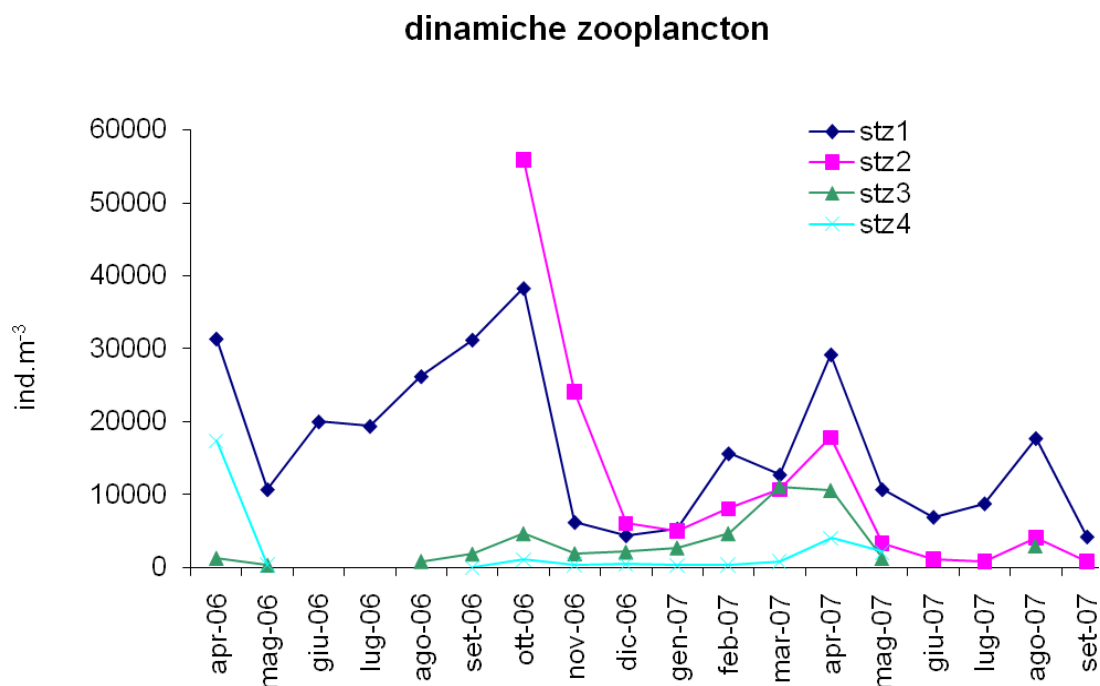


Figura 27. Variazioni delle densità dello zooplancton nelle 4 stazioni oggetto di indagine.

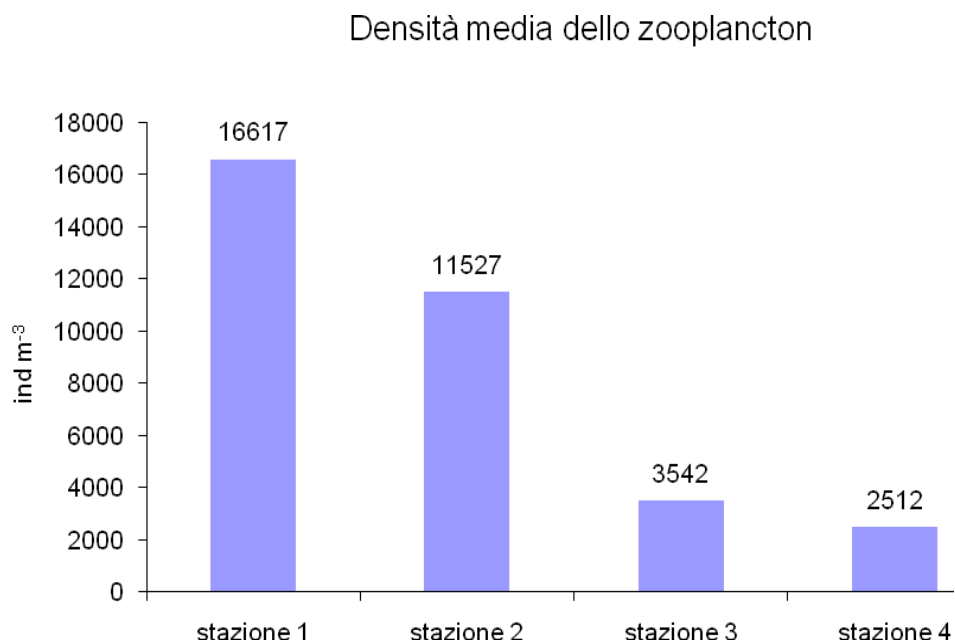


Figura 28. Valori di densità media dello zooplancton nelle 4 stazioni.

Le variazioni nel tempo delle biomasse dello zooplancton (figura 29) hanno seguito sostanzialmente lo stesso andamento presentato dalle densità, considerata la taglia piuttosto ridotta degli organismi, ad eccezione di alcune forme meroplanctoniche e di qualche Copepode Arpacticoide.

La stazione 1, oltre a registrare i valori di densità più elevati, ha ospitato specie di taglia maggiore, come *Eudactylopus spectabilis*, *Tisbe* spp e quindi la sua biomassa è stata, in media, più alta di quella delle altre stazioni, dove hanno prevalso taxa di taglia più ridotta.

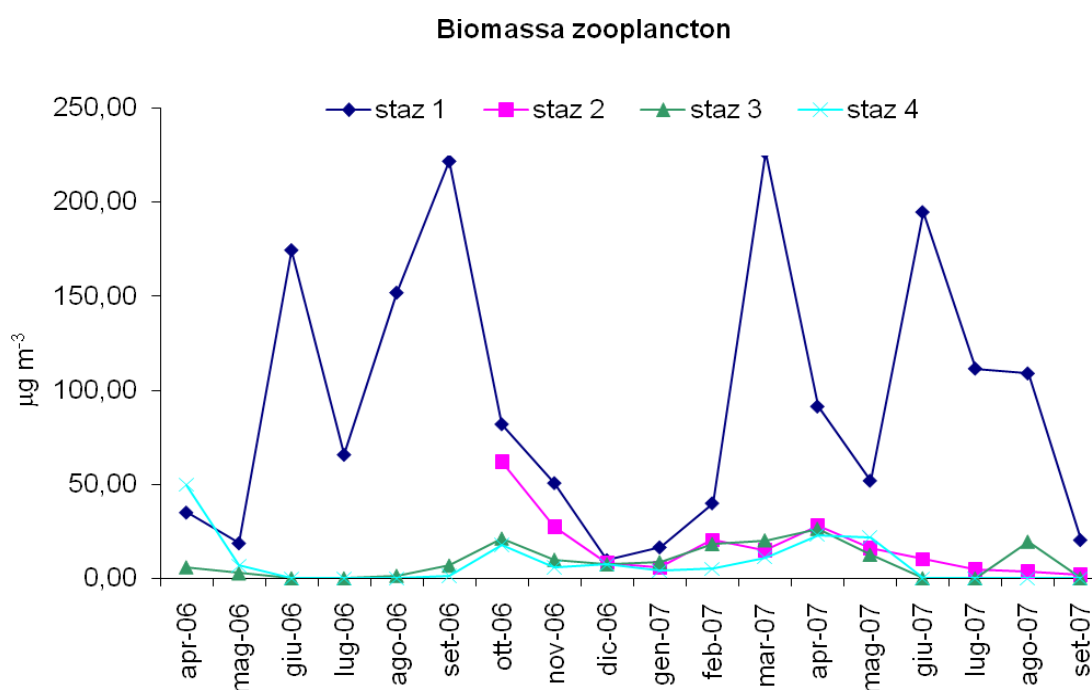


Figura 29. Variazioni della biomassa dello zooplancton nelle stazioni di campionamento.

In nessuna delle quattro stazioni si è riscontrato un andamento stagionale nelle variazioni delle biomasse e della densità dello zooplancton nel tempo, ma soltanto una comune riduzione delle abbondanze durante i mesi invernali.

Questa è stata maggiormente evidente nella stazione 1 e ciò è, probabilmente, dovuto alla riduzione della disponibilità di supporto trofico o all'abbassamento della temperatura dell'acqua.

I picchi di densità e biomassa zooplanctonica sono stati raggiunti nelle diverse stazioni in momenti differenti dell'anno.

Dopo aver analizzato, nel suo insieme, la composizione in specie dello zooplancton delle Saline di Tarquinia, si può passare all'analisi più dettagliata delle caratteristiche di ogni singola stazione.

I risultati per le singole stazioni sono stati riportati seguendo il gradiente salino e idrodinamico, quindi iniziano con la stazione più vicina al punto d'ingresso delle acque di mare, situata in corrispondenza della cosiddetta "Foce di Ponente" e con salinità minore, alla stazione più lontana dal punto di deflusso, e con salinità più elevate.

4.2.2 Stazione 1

Durante l'intero periodo di campionamento dello zooplancton, la stazione 1 ha presentato i valori più elevati di densità (16617 ind/m^3), biomassa ($92,93 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) e numero di taxa (15).

Il valore massimo di densità è stato raggiunto nel mese di Ottobre 2006 (38296 ind/m^3), il minimo nel Dicembre dello stesso anno (4393 ind/m^3), mentre il numero massimo di taxa (21) è stato rinvenuto nel Maggio 2007 e il minimo (10) a Gennaio del 2007.

Per quanto riguarda la biomassa, sono stati registrati due picchi, uno a Settembre 2006 ($221,68 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) e l'altro a Marzo 2007 ($226,48 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), mentre il valore più basso è stato registrato nel Dicembre 2006 ($9,84 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Densità e biomassa zooplanctoniche non hanno avuto sempre lo stesso andamento, come si può osservare in figura 30 e ciò è dipeso dalla taglia degli organismi più abbondanti nei diversi mesi. Nei mesi di Marzo e Giugno 2007, per esempio, a una densità bassa dello zooplancton totale corrispondeva un valore di biomassa elevato.

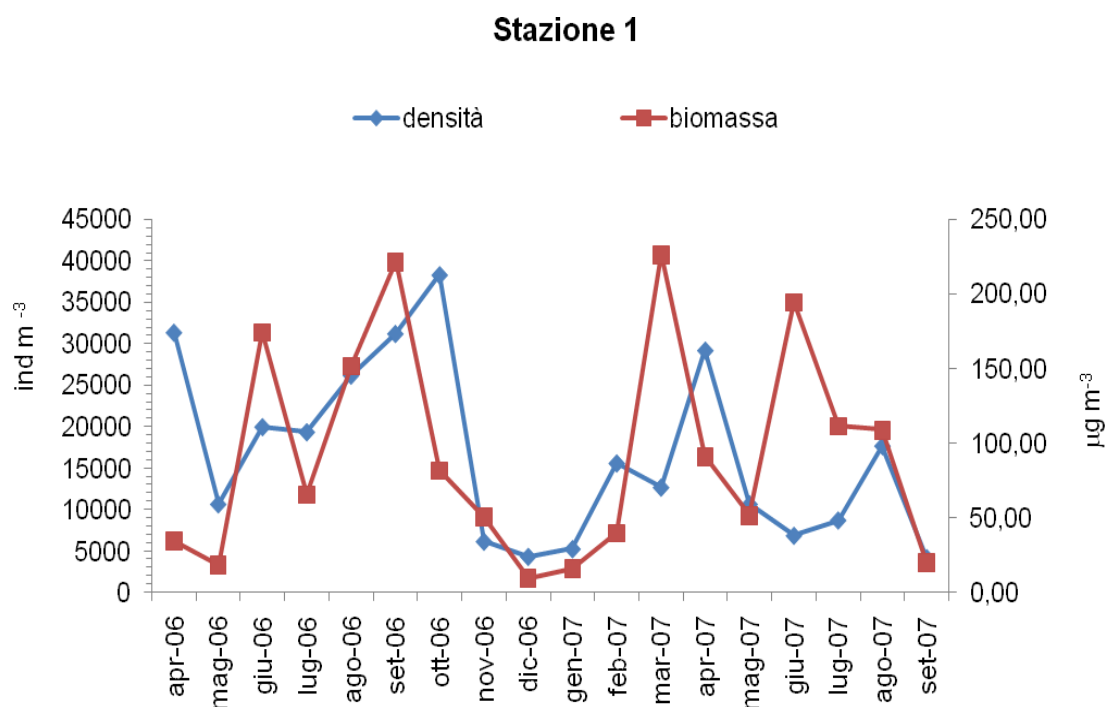


Figura 30. Stazione 1 confronto tra le dinamiche di densità e biomassa zooplanctonica.

Sono questi i mesi in cui nella stazione *Eudactylopus spectabilis*, un Arpacticoide di taglia piuttosto consistente, è stato più abbondante e ha contribuito al peso dello zooplancton.

L'Analisi delle Coordinate Principali è stata eseguita al fine di analizzare le variazioni temporali dello zooplancton in questa stazione nell'intero periodo di campionamento e al fine di verificare un'eventuale stagionalità nelle dinamiche temporali. Per questo tipo di Analisi è stato utilizzato l'insieme di dati di biomassa stimate per i singoli taxa nei singoli mesi.

In figura 31 sono riportati i risultati ottenuti utilizzando la matrice di dissimilarità di Jaccard (asse 1 = 25,91%, asse 2 = 23,62%), che tiene conto solo della presenza o dell'assenza dei taxa, mentre in figura 32 lo stesso risultato mostra l'ordinamento ottenuto con la matrice di distanza di Bray Curtis (asse 1 = 32,98%, asse 2 = 23,29%), che tiene conto delle specie presenti e delle biomasse relative.

L'ordinamento dei dati ha evidenziato che in questa stazione la composizione in specie dello zooplancton è variata nel tempo in maniera non lineare, e non è possibile osservare un andamento ciclico, né una stagionalità evidente. L'unica differenziazione evidente c'è stata tra i primi mesi di campionamento, che si sono disposti tutti su valori positivi dell'asse della coordinata principale, e tutti gli altri che si sono assestati su valori negativi dello stesso asse. La composizione in specie dello zooplancton, pertanto, nelle primavere del 2006 e del 2007 è stata chiaramente diversa. Analogamente l'estate (trimestre Giugno – Agosto) del 2006 è stata molto diversa da quella del 2007.

Le stagioni che al loro interno hanno mostrato minore variabilità, desumibile dalla superficie creata dagli inviluppi, sono l'inverno tra il 2006 e il 2007, e l'estate del 2007. L'ordinamento delle biomasse zooplanctoniche eseguito sulla matrice di distanza di Bray Curtis ha confermato i risultati ottenuti con l'altro ordinamento. Le differenze all'interno delle stagioni sono ancora maggiori e anche in questo caso le stagioni più omogenee sono state quelle più estreme, l'inverno e l'estate, mentre quelle intermedie hanno presentato la maggiore eterogeneità.

In questo caso, le due estati sono state più simili tra loro, ad eccezione del mese di Luglio 2006, disposto sull'asse positivo della coordinata principale. I mesi invernali si sono separati nettamente dagli altri, avendo valori di biomassa piuttosto bassi.

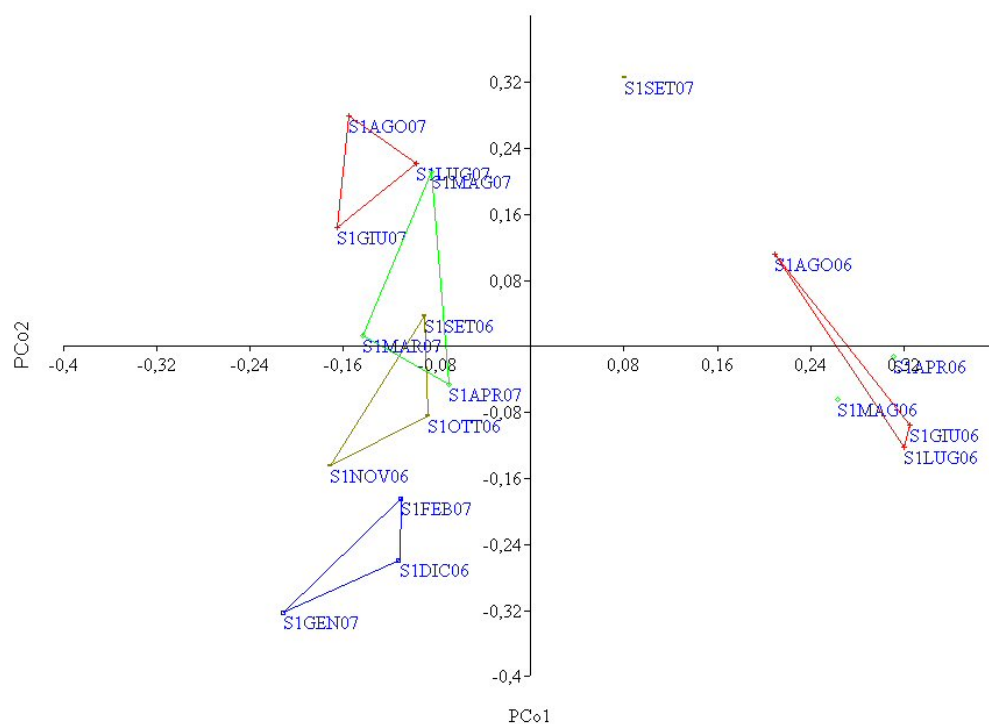


Figura 31. Stazione 1, Analisi delle Coordinate Principali (matrice di dissimilarità di Jaccard). Gli inviluppi convessi raggruppano i campioni in base alla stagione (blu = inverno) (verde = primavera) (rosso = estate) (marrone = autunno).

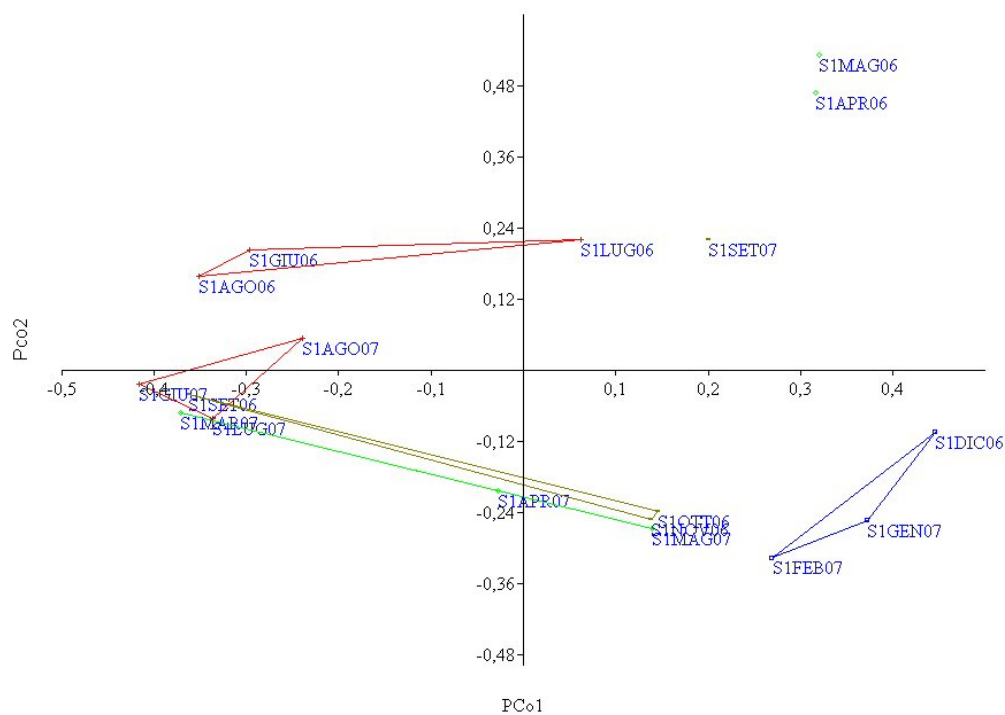


Figura 32. Stazione 1, Analisi delle Coordinate Principali (matrice di dissimilarità di Bray Curtis). Gli inviluppi convessi raggruppano i campioni in base alla stagione (blu = inverno) (verde = primavera) (rosso = estate) (marrone = autunno).

Abbiamo già accennato che la stazione 1 è quella che ha presentato il numero di taxa più elevato.

In figura 33 sono riportate le variazioni nel tempo delle densità delle frazioni meroplanctoniche e oloplanctoniche. Osservando il grafico si può notare che solo in occasione del primo mese di campionamento, Aprile 2006, il meroplancton ha prevalso sull'oloplancton, e ciò è riconducibile alla presenza di densità elevate di larve di Lamellibranchi. In seguito, le forme oloplanctoniche hanno prevalso sempre su quelle larvali e in corrispondenza dell'ultimo mese di campionamento, le densità delle due componenti sono tornate a equivalersi. Il meroplancton ha presentato il primo anno densità mediamente più elevata rispetto al secondo, l'oloplancton ha invece avuto andamenti più irregolari.

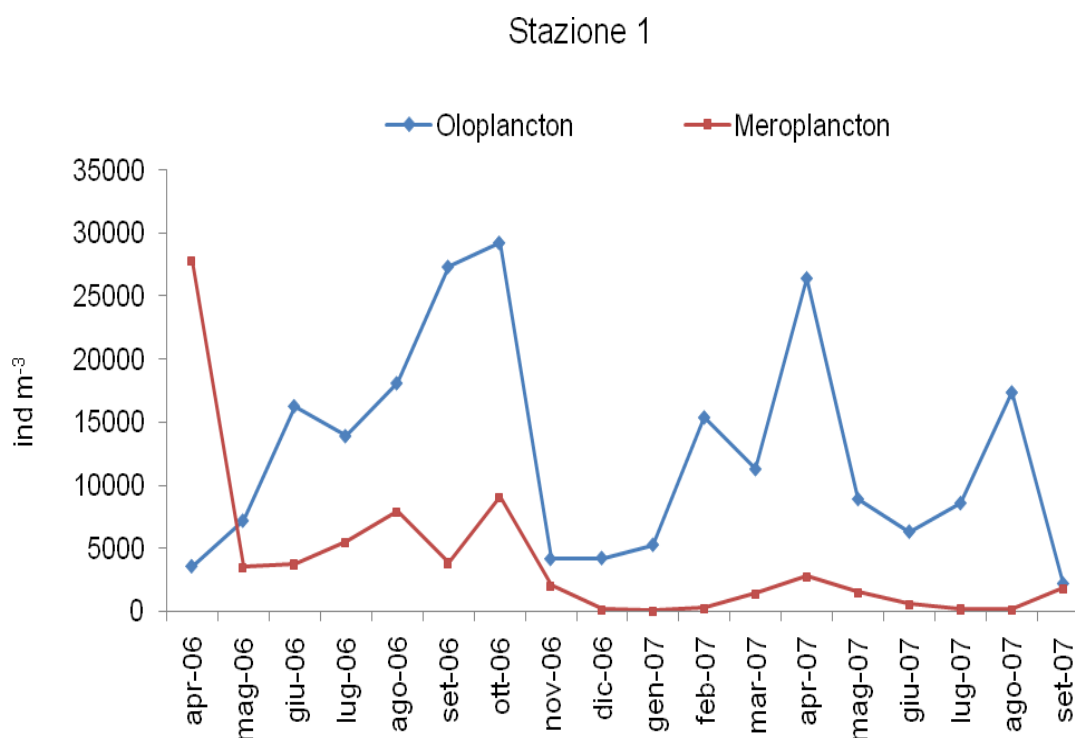


Figura 33. Variazioni delle densità dell'oloplancton e del meroplancton nella stazione 1.

Nel complesso, in questa stazione, la frazione oloplanctonica ha rappresentato circa il 76% dello zooplancton totale campionato, mentre il meroplancton, il restante 24%.

Sono state poi calcolate le dominanze in termini di densità e in figura 34 sono riportate le percentuali dei taxa principali, mentre nella tabella seguente, la percentuale di ciascun taxon.

La composizione dello zooplancton della stazione 1 è risultata simile a quella riscontrata in altri ambienti lagunari, sia per gli organismi meroplanctonici, con prevalenza di larve di Lamellibranchi e di larve di Policheti, sia per i Copepodi, con la prevalenza di poche forme di plancton tipico dell'ambiente marino costiero e di svariati Arpacticoidi associati a specie vegetali acquatiche.

La specie predominante nella stazione 1 è stata il Copepode Ciclopoide *Cyclopina gracilis*, che ha rappresentato il 35,7% dello zooplancton totale, seguito con il 22,3% dalle larve di Lamellibranchi, probabilmente stadi larvali di *Cerastoderma glaucum* e di *Abra ovata*.

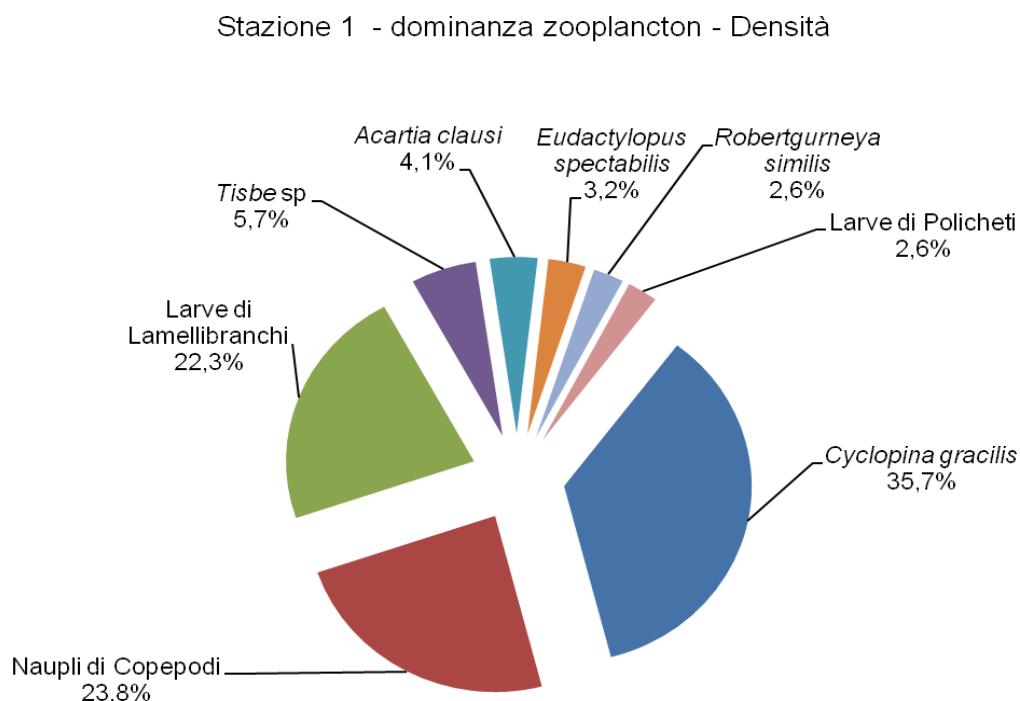


Figura 34. Taxa predominanti nella stazione 1, in termini di densità.

Altre specie relativamente abbondanti sono risultate il Copepode Calanoide *Acartia clausi*, (3,9%) e i Copepodi Arpacticoidi *Eudactylopus spectabilis* (3,1%), *Robertgurneya similis* (2,5%) e *Tisbe* spp (5,4%), un Arpacticoido presente in questa stazione con un assemblaggio di più specie, mentre, come meroplancton, hanno avuto una certa rilevanza soltanto le larve di Policheti (2,5%).

Taxon	%	Taxon	%
<i>Cyclopina gracilis</i>	34,149	Larve di Cirripedi	0,078
Naupli di Copepodi	22,769	Copepodi parassiti	0,025
Larve di Lamellibranchi	21,282	<i>Clytemnestra rostrata</i>	0,024
<i>Tisbe</i> sp	5,405	Uova	0,023
<i>Acartia clausi</i>	3,909	Foraminiferi	0,018
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	3,088	Sifonofori	0,012
<i>Robertgurneya similis</i>	2,522	Larve di Decapodi	0,011
Larve di Policheti	2,513	<i>Longipedia coronata</i>	0,010
<i>Mesochra pygmaea</i>	1,292	Tegastidae	0,009
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,963	Ectinosomidae	0,007
<i>Heterolaophonte</i> spp	0,491	<i>Corycaeus</i> sp	0,002
<i>Harpacticus</i> spp	0,316	<i>Nitocra spinipes</i>	0,002
Ostracodi	0,250	<i>Canuella perplexa</i>	0,002
<i>Diarthrodes</i> spp	0,205	<i>Artemia salina</i>	0,000
Arpacticoidi n.i.	0,160	<i>Fabrea salina</i>	0,000
Larve di Gasteropodi	0,158	<i>Enhidrosoma</i> spp	0,000
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	0,114	<i>Brachionus plicatilis</i>	0,000
<i>Oithona</i> spp	0,106		

Tabella 8. Dominanza dei taxa nella stazione 1, in termini percentuali.

Si è ottenuto un risultato diverso andando a osservare la dominanza espressa in termini di biomassa (figura 35).

In questo caso oltre il 60% della biomassa dello zooplancton della stazione 1 è costituito da *Eudactylopus spectabilis*, una specie associata alla vegetazione acquatica, con ottime capacità natatorie, che raggiunge taglie abbastanza considerevoli (1,5 mm) all'interno dell'ordine Arpacticoida. Hanno acquisito, d'altronde, importanza in termini di biomassa anche gli Ostracodi, altro gruppo con individui di taglia abbastanza grande. D'altro canto *Cyclopina gracilis*, un Ciclopoide di taglia piuttosto ridotta e i gruppi meroplanctonici come le larve di Lamellibranchi, non hanno dato un contributo molto significativo in termini di biomassa. In tabella 9 sono riportate le percentuali di ogni singolo taxon.

Stazione 1 - dominanza zooplancton - Biomassa

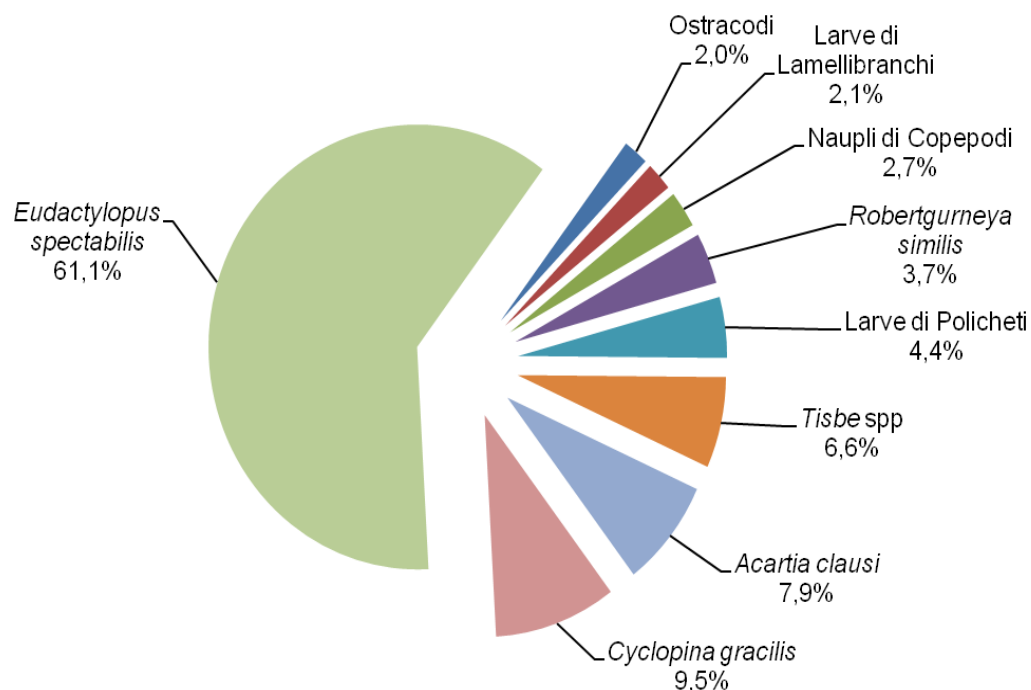


Figura 35. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di biomassa

taxon	%	taxon	%
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	58,51	Arpacticoidi n.i.	0,1
<i>Cyclopina gracilis</i>	9,07	<i>Longipedia coronata</i>	0,09
<i>Acartia clausi</i>	7,54	Larve di Gasteropodi	0,07
<i>Tisbe</i> spp	6,34	Foraminiferi	0,03
Larve di Policheti	4,23	<i>Clytemnestra rostrata</i>	0,03
<i>Robertgurneya similis</i>	3,57	Larve di Cirripedi	0,02
Naupli di Copepodi	2,56	<i>Canuella perplexa</i>	0,02
Larve di Lamellibranchi	1,99	<i>Oithona</i> spp	0,02
Ostracodi	1,87	<i>Corycaeus</i> spp	0,00
<i>Harpacticus</i> spp	1,06	Tegastidae	0,00
<i>Mesochra pygmaea</i>	0,63	<i>Nitocra spinipes</i>	0,00
<i>Euterpina acutifrons</i>	0,54	Ectinosomidae	0,00
Sifonofori	0,42	Copepodi parassiti	0,00
Larve di Decapodi	0,39	<i>Artemia salina</i>	0,00
<i>Diarthrodes</i> spp	0,34	<i>Fabrea salina</i>	0,00
<i>Heterolaophonte</i> spp	0,22	<i>Enhydrosoma propinquum</i>	0,00
<i>Pseudocyclops umbratucus</i>	0,18	<i>Brachionus plicatilis</i>	0,00
Uova	0,14		

Tabella 9. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di biomassa.

Nella stazione 1 i taxa più abbondanti sono risultati essere anche quelli più frequenti nei 18 mesi di campionamento. In figura 36 è rappresentata la frequenza di ritrovamento dei singoli taxa (sono stati esclusi quelli mai riscontrati)

Naupli di Copepodi, *Robertgurneya similis* ed *Eudactylopus spectabilis* sono stati ritrovati tutti i mesi, mentre *Cyclopina gracilis* e le larve di Lamellibranchi in 17 campionamenti sui 18 totali.

Altri taxa molto frequenti in stazione, ma presenti sempre con abbondanze ridotte, sono stati gli Arpacticoidi appartenenti ai generi *Harpacticus* e *Heterolaophonte*, (non identificati a livello di specie e presenti, soprattutto il primo, con assemblaggi di più specie), riscontrati 16 e 15 volte all'interno della stazione. *Mesochra pygmaea*, un altro Copepode Arpacticotide, è stata rinvenuta 11 volte, mentre il Copepode Calanoide pelagico *Acartia clausi*, 9 volte. Tutti gli altri taxa sono stati presenti in meno del 50% dei campionamenti, e alcuni di loro sono limitati a brevi cicli stagionali, come *Diarthrodes* spp, altri sono rari, come *Longipedia coronata*.

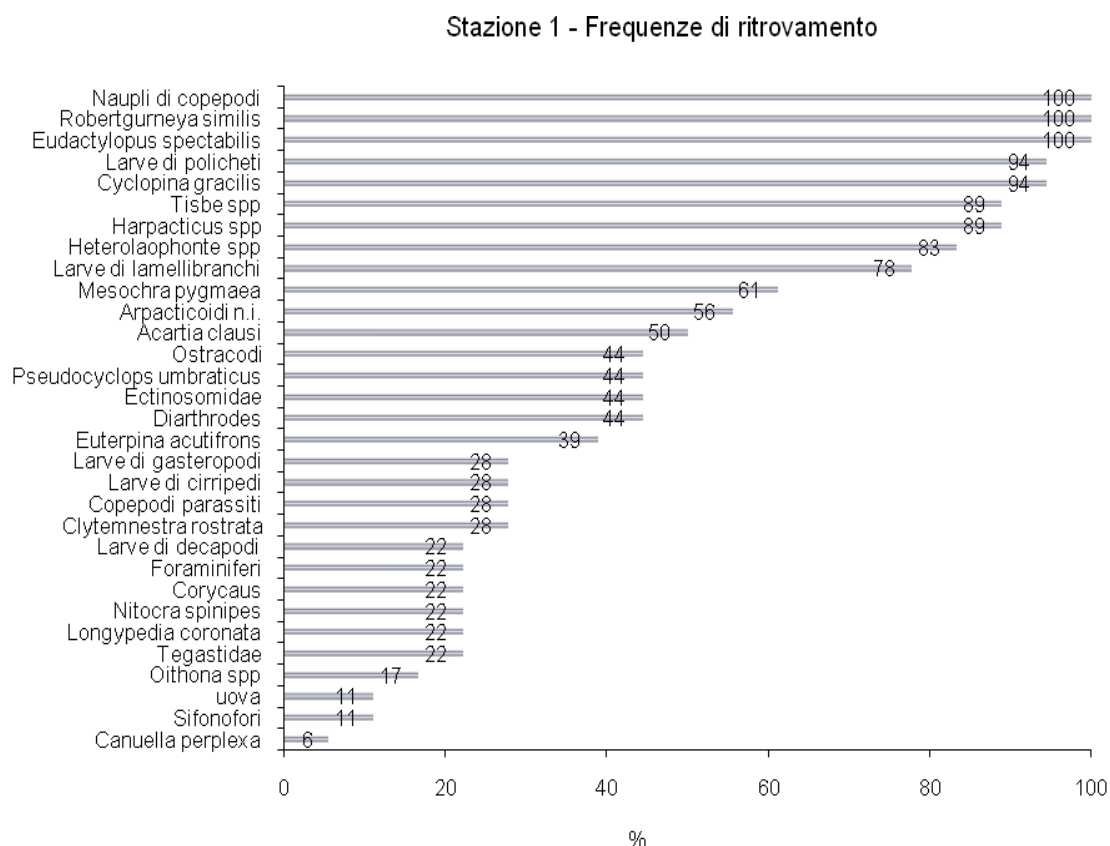


Figura 36. Frequenze di ritrovamento dei taxa zooplanctonici nella stazione 1.

Le variazioni nel tempo delle densità dei principali gruppi meroplanctonici caratteristici della stazione 1 sono mostrate in figura 37, mentre in tabella 10 sono riportati i singoli valori di densità ottenuti per ciascun taxon.

Le larve di Lamellibranchi non sono state trovate tra Novembre e Gennaio, e hanno fatto registrare un massimo ad Aprile 2006 e un minimo a Marzo del 2007. Il secondo anno di campionamento ha mostrato un generale decremento della densità delle larve, probabilmente a causa della riduzione dell'altezza della colonna d'acqua.

Meroplancton

Taxon	Apr-06	Mag-06	Giu-06	Lug-06	Ago-06	Set-06	Ott-06	Nov-06	Dic-06
Larve di Cirripedi	62	11	120	31	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	2	-	10	8	12	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Lamellibranchi	27180	3398	3366	5310	7648	3761	8470		
Larve di Policheti	537	100	227	121	223	87	585	2039	135
Uova									

Taxon	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
Larve di Cirripedi	-	-	-	11	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	128	72	88	52
Larve di Lamellibranchi	-	43	8	2020	436	300	20	-	1696
Larve di Policheti	24	206	1384	732	864	136	44	-	72
Uova	-	-	-	-	28	-	20	20	-

Tabella 10. Valori di densità per singolo gruppo meroplanctonico.

Un altro gruppo meroplanctonico importante in questa stazione sono state le larve di Policheti, presenti quasi costantemente nella stazione e con un picco di oltre 2000 ind/m³ a Novembre 2006 e valori molto bassi nei mesi estivi, la loro dinamica è inversa a quella osservata per le larve di Lamellibranchi.

Larve di Cirripedi, di Decapodi e di Gasteropodi sono state trovate solo in alcune stagioni, in prevalenza nei mesi primaverili e con densità sempre piuttosto scarse.

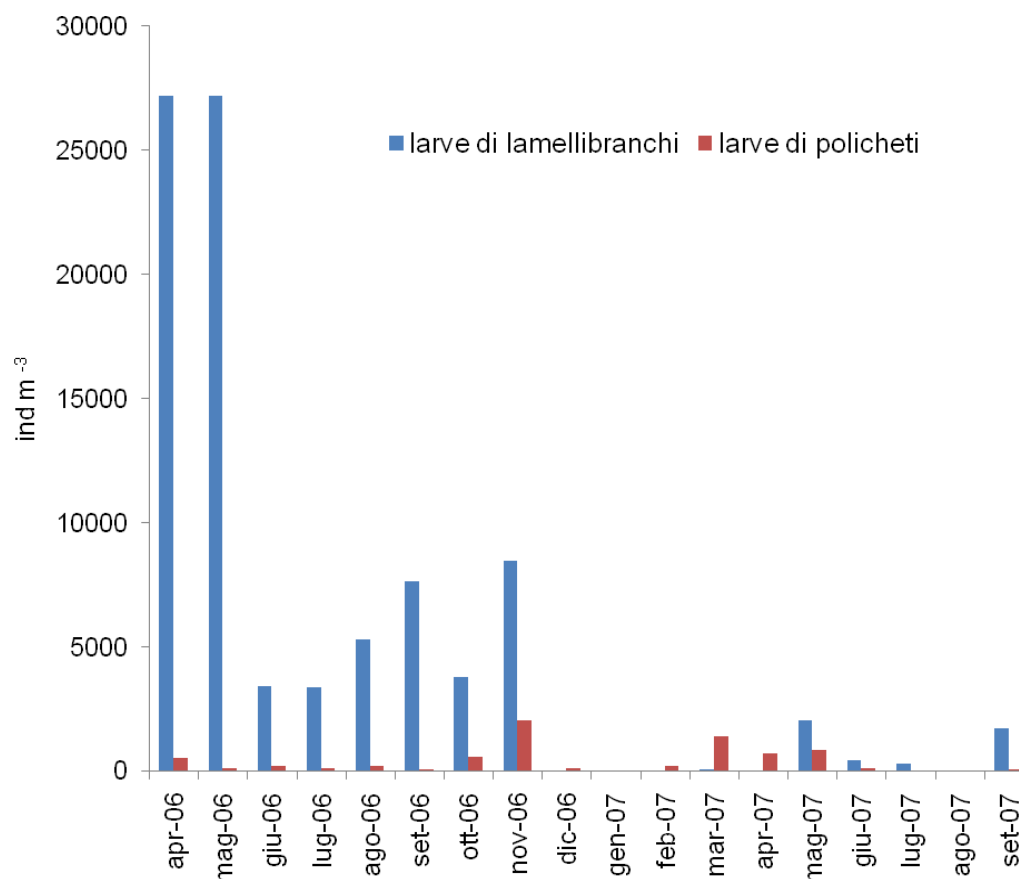


Figura 37. Variazioni di densità nel tempo per le larve di Lamellibranchi e di Policheti (I valori di densità degli altri taxa meroplanctonici sono riportati in tabella 10, a pag. 75).

I Copepodi, Arpacticoidi come abbiamo già accennato, sono stati principalmente rappresentati dai taxa *Eudactylopus spectabilis*, *Robertgurneya similis*, *Tisbe* spp, nonché dai nauplii, i ciclpoidei da *Cyclopina gracilis*, i Calanoidi da *Acartia clausi*.

In tabella 11 sono riportati i valori di densità riscontrati per singolo taxon di Copepode Arpacticoidi nel corso dei mesi. Negli istogrammi successivi (figura 38) sono riportate le variazioni del tempo della densità dei principali Copepodi Arpacticoidi.

Copepodi Arpacticoidi

taxon	Apr-06	Mag-06	Giu-06	Lug-06	Ago-06	Set-06	Ott-06	Nov-06	Dic-06
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	6	35	7	10	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	-	-	-	-	-	106	65	21	4
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	14	12	762	241	996	1201	187	211	20
<i>Euterpina acutifrons</i>	4	3	38	901	1928	-	-	-	-
Arpacticoidi n.i.	14	35	-	-	5	-	-	-	-
Ectinosomidae	1	2	1	-	-	-	3	2	-
<i>Heterolaophonte</i> spp	3	8	19	-	1	4	2	1	1
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	-	2	140	257	20	59	61	23	2
<i>Longipedia coronata</i>	6	-	-	-	11	5	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	-	20	53	6	486	32	2	1	-
<i>Nitocra spinipes</i>	1	-	-	-	-	1	-	1	-
<i>Robertgurneya similis</i>	1	33	71	16	525	354	51	48	7
<i>Tisbe</i> spp	3	3	3	18	0	10303	1659	446	14

taxon	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	-	-	12	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	71	36	306	-	4	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	73	125	1744	373	208	1656	896	492	24
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	4
Arpacticoidi n.i.	-	2	40	76	140	64	40	64	-
Ectinosomidae	-	-	4	-	4	4	-	-	-
<i>Heterolaophonte</i> spp	-	-	50	46	4	384	348	392	204
Tegastidae	-	-	8	4	4	12	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	5	2	2	4	32	208	72	56	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	-	-	8	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	-	3	-	-	-	-	192	2752	316
<i>Nitocra spinipes</i>	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Robertgurneya similis</i>	24	26	596	391	172	216	356	3808	848
<i>Tisbe</i> spp	49	428	608	622	1024	872	100	12	-

Tabella 11. Densità (ind m⁻³) registrate per i Copepodi Arpacticoidi nella stazione 1.

Robertgurneya similis è stata presente nei primi mesi, con valori di densità piuttosto bassi ed ha avuto un singolo picco di 3808 ind/m³ nell'Agosto del 2007 e valori relativamente elevati anche il mese successivo. Le densità più basse si sono registrate nei mesi autunnali e invernali.

Eudactylopus spectabilis ha presentato i valori di densità più alti a Settembre 2006, Marzo e Giugno 2007 e i più bassi, come *Robertgurneya similis*, nei mesi autunnali e invernali. Questa specie non è mai scomparsa del tutto dalla vasca.

Tisbe spp è stata presente nella stazione con un assemblaggio di più specie poco facilmente distinguibili tra loro, che hanno raggiunto valori di densità molto elevati a Settembre 2006 (10303 ind/m³). *Tisbe* ha raggiunto densità maggiori nei mesi autunnali e primaverili, e sensibilmente minori nei mesi invernali e soprattutto estivi, quando tendeva a scomparire probabilmente a causa delle elevate temperature delle acque.

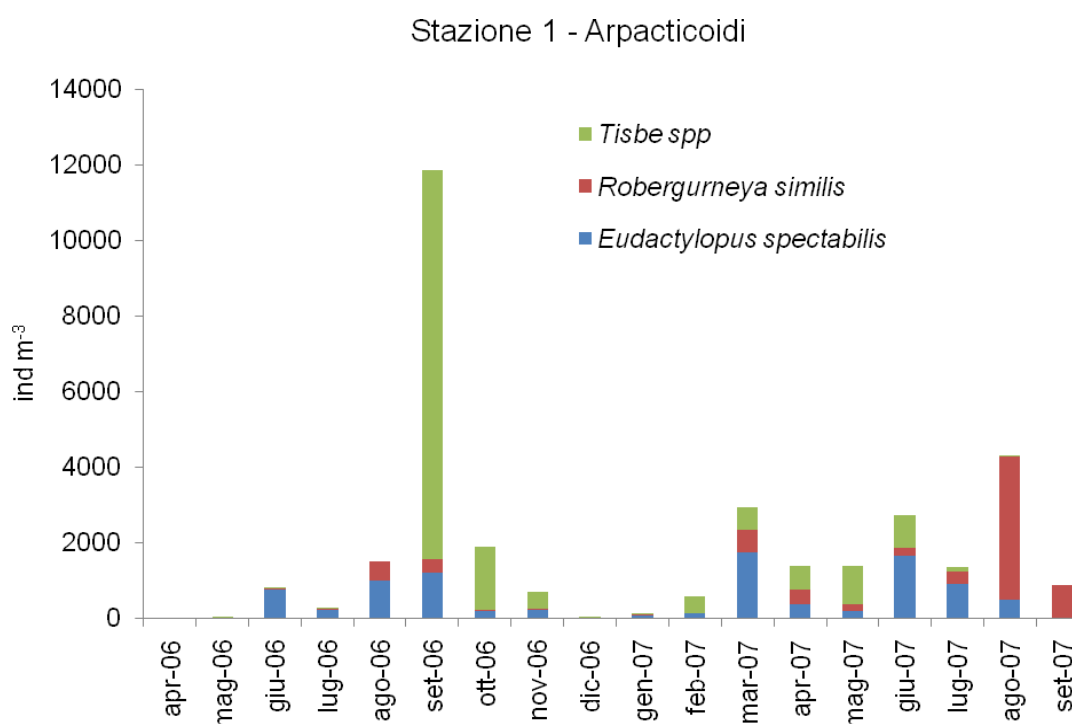


Figura 38. Variazioni nel tempo delle densità di *Robertgurneya similis*, *Eudactylopus spectabilis* e *Tisbe* (I valori di densità degli altri Arpacticoidi sono riportati in tabella 11a pag. 77).

Le densità stimate per gli altri Copepodi (Calanoidi, Ciclopoidi, Poecilostomatoidi) sono sintetizzate in tabella 12.

Altri Copepodi

Taxon	Apr-06	Mag-06	Giu-06	Lug-06	Ago-06	Set-06	Ott-06	Nov-06	Dic-06
<i>Cyclopina gracilis</i>	231	193	253	286	1043	8572	25829	3331	3932
<i>Oithona</i> spp	-	4	34	280	-	-	-	-	-
<i>Acartia clausi</i>	1067	901	7285	1817	597	-	-	-	8
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	27	14
<i>Corycaeus</i> spp	2	2	2	-	-	-	-	-	1

Taxon	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Cyclopina gracilis</i>	4911	13711	6208	20366	6528	2032	4448	264	-
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia clausi</i>	2	5	-	11	-	-	-	-	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	3	46	64	181	2	4	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 12. Valori di densità (ind m⁻³) degli altri Copepodi.

Cyclopina gracilis è stata la specie con i valori di densità in assoluto più elevati tra tutte quelle presenti in stazione. Nel mese di Ottobre 2006 ha fatto registrare un massimo di 25828 ind/m³, seguito dai 20366 ind/m³ di Aprile 2007. La densità della specie si è ridotta a valori molto bassi ad Agosto 2007, per scomparire del tutto nel Settembre seguente. Nei primi mesi di campionamento le densità di *Cyclopina gracilis* sono state molto basse e sempre inferiori a 300 ind/m³.

Discorso esattamente inverso per *Acartia clausi*: questa specie è stata presente con densità relativamente alte nei primi mesi di campionamento, fino a Luglio 2006, mese in cui si è registrato un massimo di 7285 ind/m³, ed è scomparsa quasi completamente dopo Agosto del 2006; le dinamiche di *Acartia clausi* sono risultate inverse a quelle di *Cyclopina gracilis* che ha avuto valori bassi nei primi mesi ed è aumentato in abbondanza con la scomparsa di *Acartia*.

Nell'istogramma seguente (figura 39) sono riportati i valori di densità di *Cyclopina gracilis* e *Acartia clausi* nei singoli mesi di campionamento.

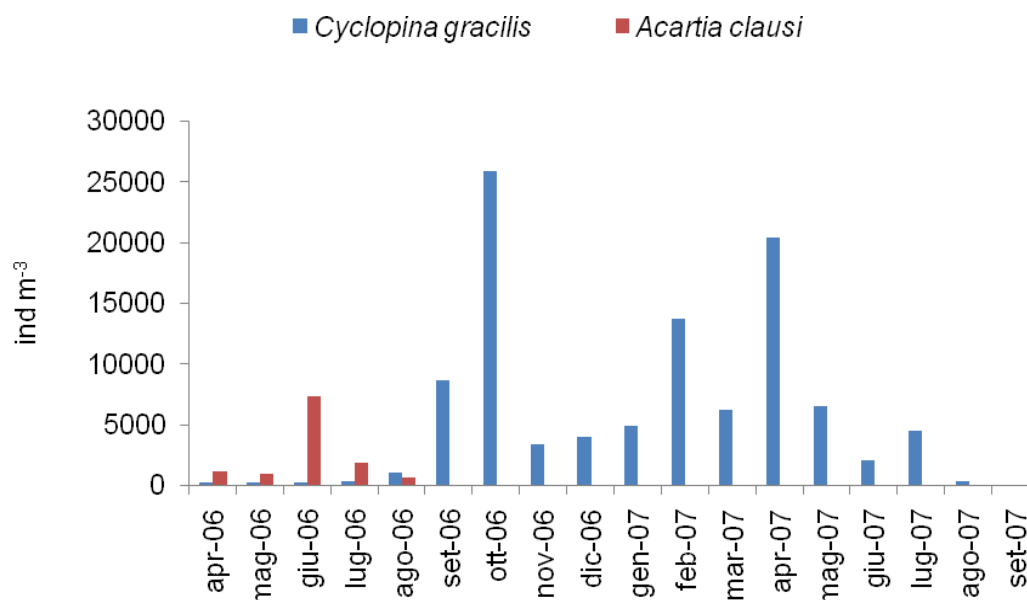


Figura 39. Variazioni nel tempo delle densità di *Cyclopina gracilis* e *Acartia clausi*.

Oithona spp ed *Euterpina acutifrons*, altri 2 Copepodi tipici del plancton marino, hanno mostrato un andamento simile a quello di *Acartia clausi*; *Euterpina acutifrons*, in particolare, ha fatto registrare un picco di 1928 ind/m³ nel mese di Agosto 2006. Le densità di queste due specie sono state, in ogni caso, in media sempre più basse rispetto a quelle di *Acartia clausi*.

Gli altri gruppi di organismi zooplanctonici sono stati presenti in stazione in maniera sporadica e poco significativa, fatta eccezione per il gruppo degli Ostracodi, per i quali i valori più elevati di densità si sono riscontrati nei mesi di Agosto e Settembre, sia nel 2006, sia nel 2007.

I naupli di Copepodi, per cui non è stata effettuata una distinzione tassonomica in stadi larvali di Calanoidi, Ciclopoidi e Arpacticoidi e nei quali sono stati inclusi i copepoditi non identificati, hanno mostrato un picco di oltre 12.000 ind/m³ ad Agosto 2006 ed un minimo a Novembre 2006; in generale, i mesi invernali (figura 40) sono stati quelli in

cui si sono registrate le densità più basse, mentre i valori più elevati si sono avuti tra la tarda primavera e l'estate.

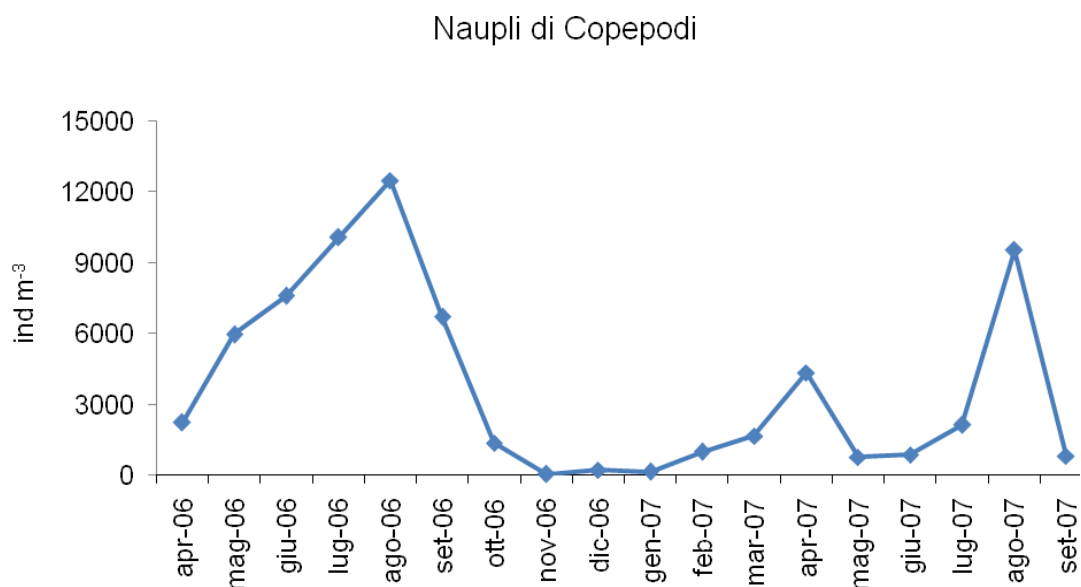


Figura 40. Variazioni nel tempo della densità dei naupli di Copepodi.

Nelle Saline di Tarquinia lo zooplancton della stazione 1 è risultato costituito da Copepodi e principalmente dal Ciclopoide *Cyclopina gracilis* e da Arpacticoidi appartenenti alle famiglie Thalestridae, Miraciidae (Ex Diosaccidae), Harpacticidae, Tisbidae e Laophontidae. Queste famiglie di Arpacticoidi sono frequenti e abbondanti anche in altri ambienti lagunari costieri e marino costieri, nonché in altre Saline, in funzione o dismesse; sono taxa che prediligono comunque ambienti dove la colonna d'acqua è ridotta e vi sono diffuse praterie di macrofite e macroalghe. In questa stazione gli Arpacticoidi sono abbondanti in colonna d'acqua e vivono liberi o associati alla vegetazione. Sono abili nuotatori e compiono movimenti in colonna d'acqua dagli strati superficiali del fondo (epibenthos) verso la superficie e viceversa. Questa motilità è spesso influenzata da esigenze trofiche o riproduttive.

Le specie più tipiche dello zooplancton marino, come *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons* e *Oithona* spp sono state rinvenute nelle Saline soltanto nei primi mesi di

campionamento, nel 2006, quando la colonna d'acqua era più alta e sono poi progressivamente scomparse nel corso dei successivi mesi ed è così aumentata l'abbondanza relativa dei Copepodi Arpacticoidi, più adattati alla vita in corpi idrici poco profondi e ricchi di vegetazione.

L'incremento in termini percentuali, nel corso del tempo, dei Copepodi Arpacticoidi e del Ciclopode *Cyclopina gracilis* e la contemporanea diminuzione di organismi zooplanctonici marini, può essere dovuta al progressivo abbassamento della colonna d'acqua. Questo è stato causato da vari fattori, tra cui il decremento del flusso in ingresso d'acqua dal mare nelle Saline, dalla riduzione delle precipitazioni medie mensili nel periodo d'indagine e dal contemporaneo aumento dello spessore del sedimento in decomposizione, che ha ridotto dal basso l'altezza della colonna d'acqua.

Il popolamento zooplanctonico, in particolare i Copepodi Arpacticoidi, rinvenuto in questa stazione è molto simile a quello di altri sistemi lagunari italiani, come, ad esempio, quelli investigati in uno studio sui fattori che influenzano la distribuzione ecologica e zoogeografica di Copepodi Arpacticoidi di acque salmastre. In questi sistemi lagunari, infatti, predominano Arpacticoidi appartenenti ai generi *Canuella*, *Harpacticus*, *Tisbe*, *Diarthrodes*, *Robertgurneya*, *Nitocra*, *Mesochra*, *Enhydrosoma* ed *Heterolaophonte* (Ceccherelli & Mistri, 1990). Analogie sono state trovate anche con la composizione del popolamento zooplanctonico della sacca di Goro (Sei et al., 1996), sia per gli Arpacticoidi e i Ciclopoidi, sia per i Copepodi planctonici marini; in entrambi i sistemi troviamo *Acartia* spp, *Oithona* spp, *Oncaea* spp, *Corycaeus* spp ed *Euterpina acutifrons*.

Per quanto riguarda il meroplancton, le forme trovate in questa stazione, in particolare le larve di Policheti e di Lamellibranchi, sono comuni, frequenti e abbondanti, anche in altri sistemi lagunari (Sei et al., 1999).

Cyclopina gracilis, particolarmente abbondante e frequente in questa stazione e, in certi mesi, assolutamente dominante, è una specie tipica anche di altri sistemi lagunari italiani (Cristoni et al., 2004).

Mesochra pygmaea, *Tisbe* spp, *Harpacticus* spp ed *Heterolaophonte* spp, comuni in questa stazione, sono frequenti anche su *Zostera marina* L. e la loro densità è direttamente proporzionale all'età delle foglie e alla biomassa di alghe e batteri epifitici (Webb, 1990).

4.2.3 Stazione 2

La stazione 2 è stata campionata per 12 mesi, da Ottobre 2006 a Settembre 2007. Il valore di densità zooplanctonica più alto (55934 ind/m^3) è stato osservato il primo mese di campionamento, nell'Ottobre del 2006 (figura 41), e questo è anche il valore di densità zooplanctonica più alto in assoluto osservato tra tutte le stazioni nell'intero periodo di campionamento.

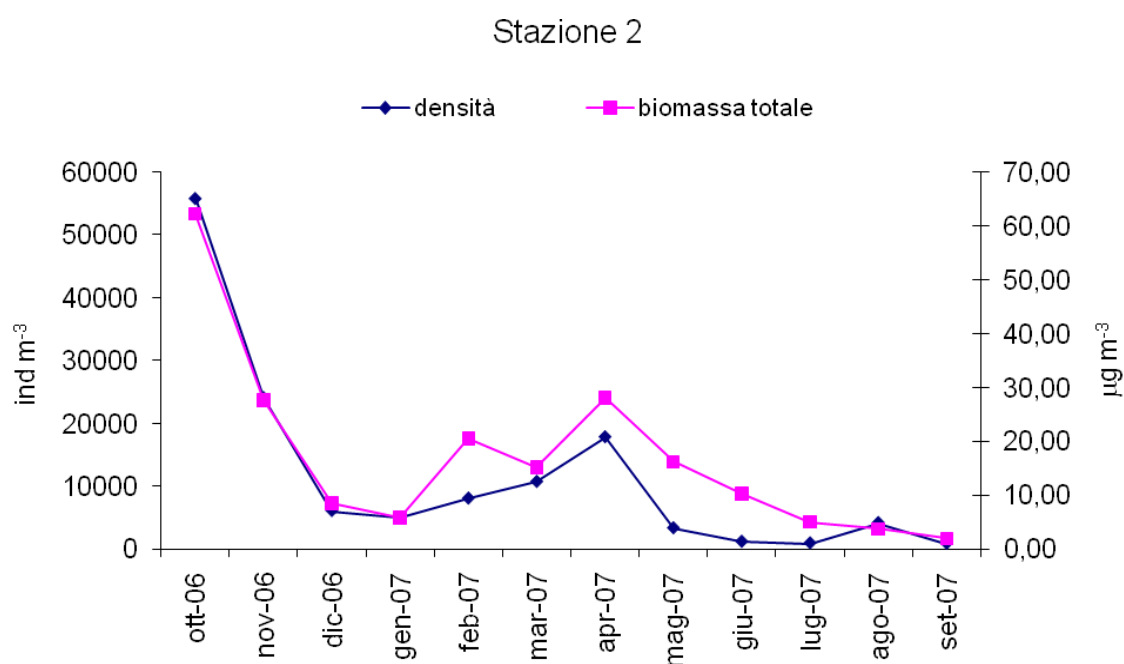


Figura 41. Variazioni nel tempo della densità e della biomassa dello zooplancton nella stazione 2.

Il valore di densità più basso è stato riscontrato, invece, alla fine del periodo di campionamento nel Settembre 2007.

Le dinamiche della biomassa sono simili a quelle della densità, a causa, come vedremo, della prevalenza di forme di taglia piccola e i valori minimi e massimi sono stati riscontrati negli stessi periodi.

L'ordinamento dei dati (matrice di Bray Curtis, asse 1 = 31,01%, asse 2 = 22,12%), non ha potuto fornirci, in questo caso confronti tra le stesse stagioni in anni diversi, ma soltanto tra stagioni successive all'interno di un anno di misure (figura 42). Osservando il grafico, è risultata chiara la suddivisione dei punti in due periodi, con i mesi autunnali, invernali e d'inizio primavera su valori positivi dell'asse della coordinata principale (PCo1>0) e i mesi primaverili (Maggio) ed estivi su valori negativi (PCo1<0).

La stagione che ha presentato valori più omogenei, è stata l'inverno, quella con maggiore variabilità, è stata la primavera.

Da notare come i primi due mesi si separino nettamente dai successivi e come l'ultimo mese, Settembre sia diametralmente opposto al primo.

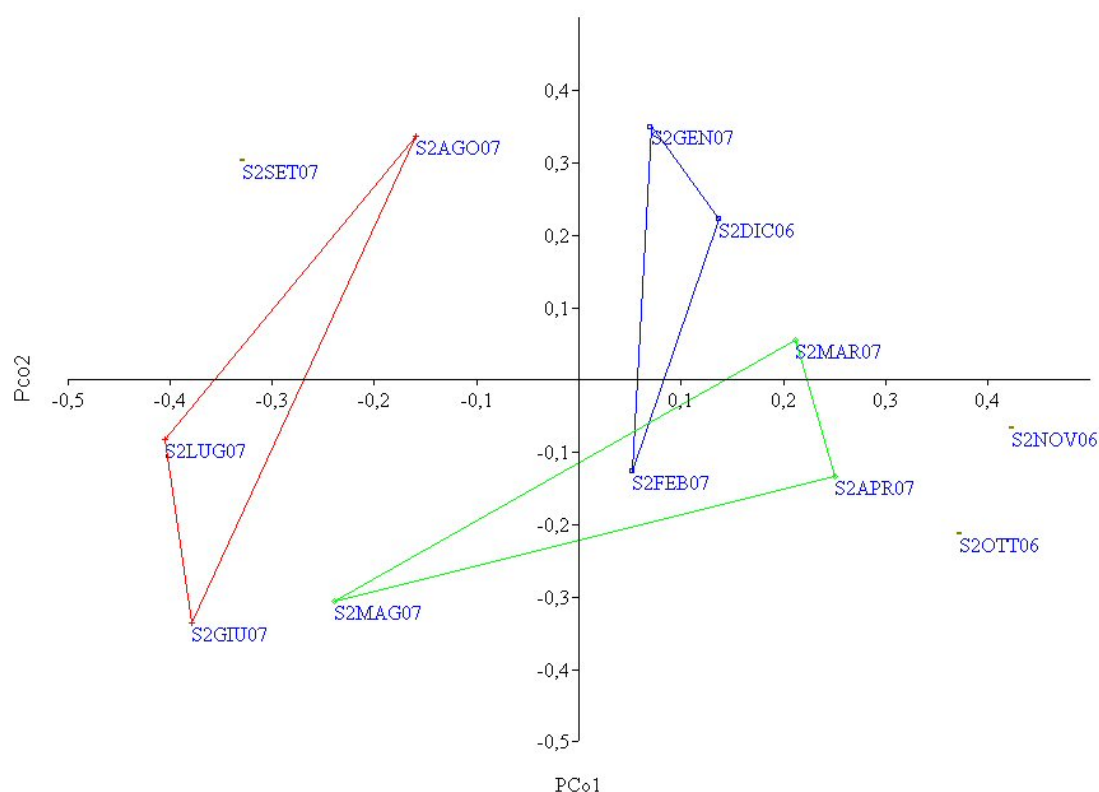


Figura 42. Stazione 2, Analisi delle Coordinate Principali, con utilizzo della matrice di dissimilarità di Bray Curtis, su valori di biomassa zooplanctonica.

Lo stesso tipo d'ordinamento, eseguito con la matrice di dissimilarità di Jaccard, (asse 1 = 33,43%, asse 2 = 25,44%) che tiene conto solo della composizione in specie, ha dato risultati diversi (figura 43).

In questo caso sono stati i mesi estivi a presentare minore eterogeneità, mentre è continuata a essere la primavera la stagione con maggiori differenze. L'estate si è separata chiaramente dall'inverno, il che indica che la composizione in specie è influenzata dalle temperature atmosferiche e dell'acqua.

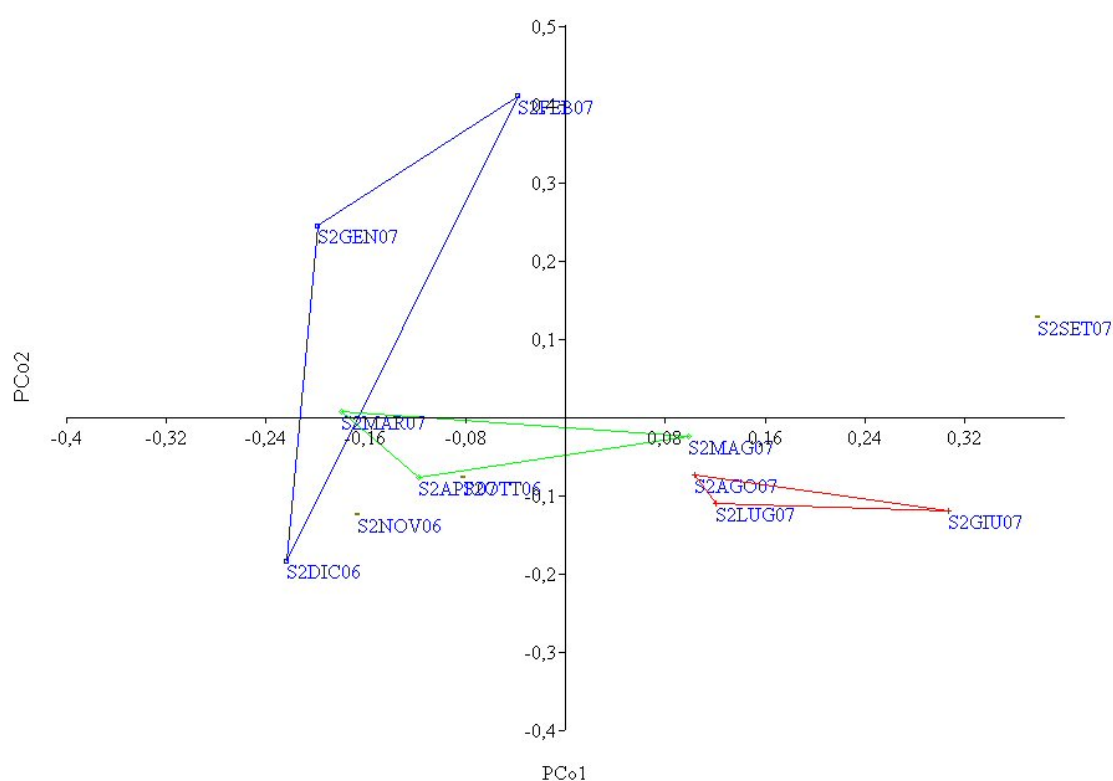


Figura 43. Stazione 2, Analisi delle Coordinate Principali, con utilizzo della matrice di dissimilarità di Jaccard, su valori di biomassa zooplanctonica.

In questa vasca le forme meroplanctoniche sono state in termini di densità superiori a quelle oloplanctoniche, e hanno costituito il 57% dello zooplancton totale.

Per quest'aspetto la stazione 2 si è differenziata dalla stazione 1, in cui la componente oloplanctonica era dominante.

Questo è vero soprattutto in corrispondenza del primo mese di campionamento, Ottobre 2006, in cui, a causa di elevatissime densità di larve di Lamellibranchi, il meroplancton è stato nettamente superiore all'oloplancton. Nei mesi invernali le due componenti hanno mostrato andamenti inversi, con il meroplancton tendente a diminuire e l'oloplancton ad aumentare.

In figura 44 sono rappresentate le variazioni nel tempo delle componenti meroplanctoniche e oloplanctoniche

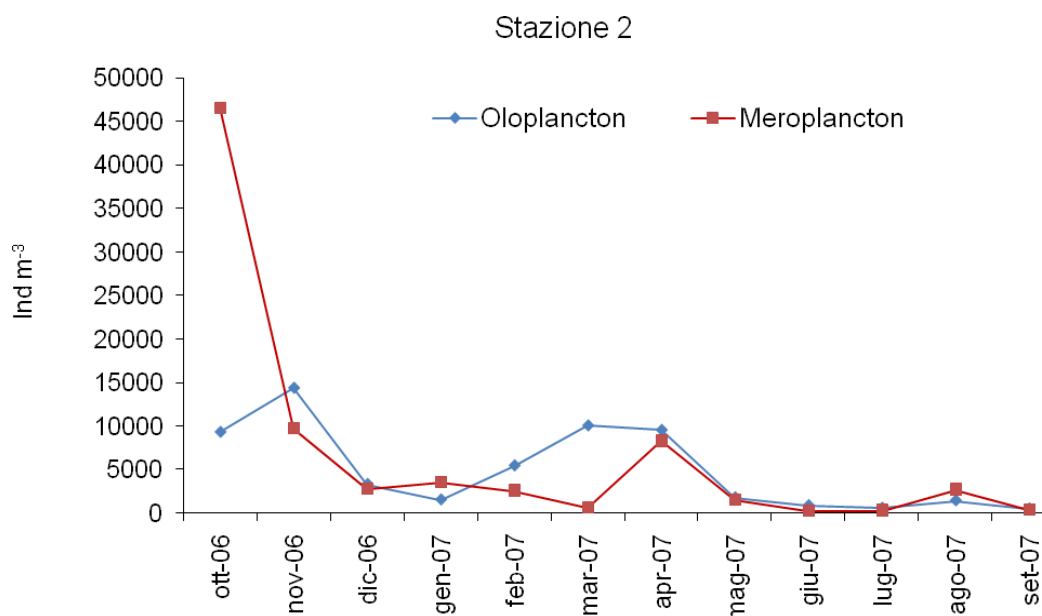


Figura 44. Variazioni delle densità delle frazioni oloplanctoniche e meroplanctoniche nella stazione 2.

In questa stazione le larve di Lamellibranchi hanno rappresentato, in termini di densità, il taxon preponderante e hanno costituito circa il 60% dello zooplancton totale, mentre i naupli di Copepodi hanno costituito il 26%.

Cyclopina gracilis è stata anche in questa stazione la specie più abbondante, similmente a quanto osservato nella stazione 1, mentre, tra gli Arpacticoidi, è stata *Tisbe* spp

prevalente, rappresentando il 5% dello zooplancton totale. Tutte le altre specie non sono state particolarmente rilevanti in termini di densità.

La dominanza dei taxa espressa in termini di densità è riportata in figura 45. In tabella 13 sono riportate le percentuali concernenti tutti i taxa.

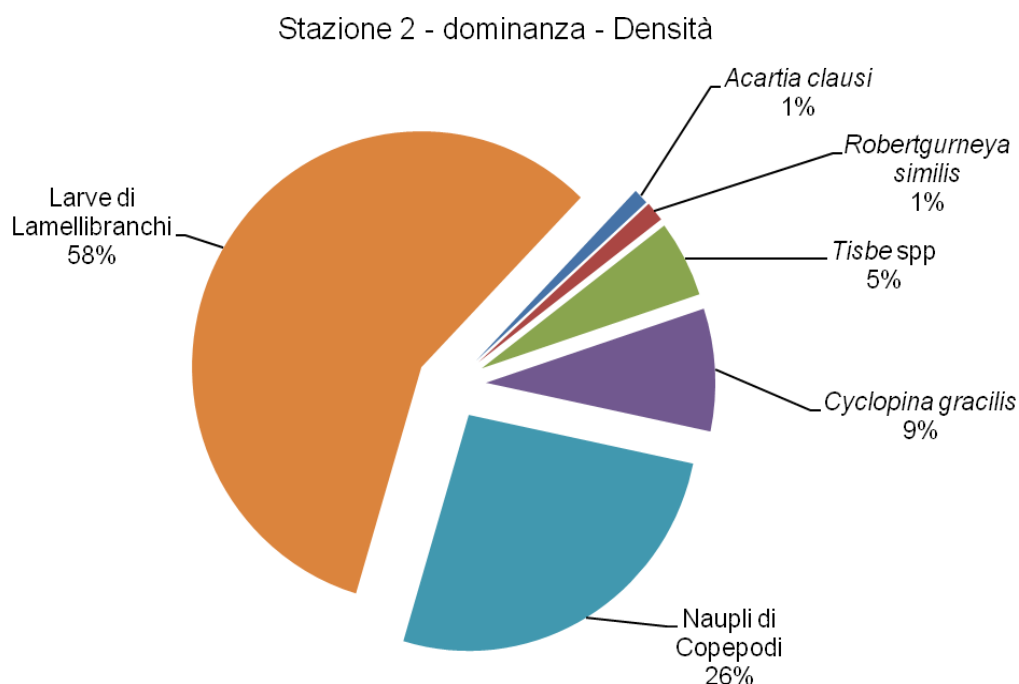


Figura 45. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di densità nella Stazione 2.

taxon	%	taxon	%
Larve di Lamellibranchi	56,193	<i>Canuella perplexa</i>	0,065
Naupli di Copepodi	25,646	<i>Mesochra pygmaea</i>	0,046
<i>Cyclopina gracilis</i>	8,189	<i>Nitocra spinipes</i>	0,029
<i>Tisbe</i> spp	5,133	Ostracodi	0,02
<i>Robertgurneya similis</i>	1,324	Tegastidae	0,016
<i>Acartia clausi</i>	1,045	Ectinosomidae	0,012
<i>Harpacticus</i> spp	0,518	Larve di Decapodi	0,009
Larve di Policheti	0,463	<i>Clytemnestra rostrata</i>	0,008
Larve di Cirripedi	0,455	Copepodi parassiti	0,005
<i>Heterolaophonte</i> spp	0,439	<i>Diarthrodes</i> spp	0,004
Foraminiferi	0,104	<i>Longipedia coronata</i>	0,004
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	0,101	<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	0,001
Arpacticoidi n.i.	0,079	<i>Enhidrosoma propinquum</i>	0,001
Larve di Gasteropodi	0,074		

Tabella 13. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di densità per tutti i taxa ritrovati in stazione nell'anno di campionamento.

La dominanza dello zooplancton in termini di biomassa ha dato risultati diversi (figura 46). Il taxon prevalente in questa stazione, in termini di biomassa, è stato ancora *Tisbe* spp che, grazie alla sua taglia piuttosto consistente, ha costituito circa il 24% dello zooplancton totale. Seguono le larve di Lamellibranchi con il 21% e i naupli di Copepodi con l'11%. *Eudactylopus spectabilis*, *Acartia clausi*, *Cyclopina gracilis*, *Robertgurneya similis*, e *Harpacticus* spp hanno rappresentato ognuno il 7-8% dello zooplancton totale.

In termini di dominanza espressa come biomassa, la principale differenza tra le stazioni 1 e 2 è consistita nel fatto che nella seconda *Eudactylopus spectabilis* è una specie rara e quando presente, le sue densità sono state sempre molto basse.

Nella tabella 14 sono riportate le percentuali sulla dominanza di ciascun taxon nella stazione.

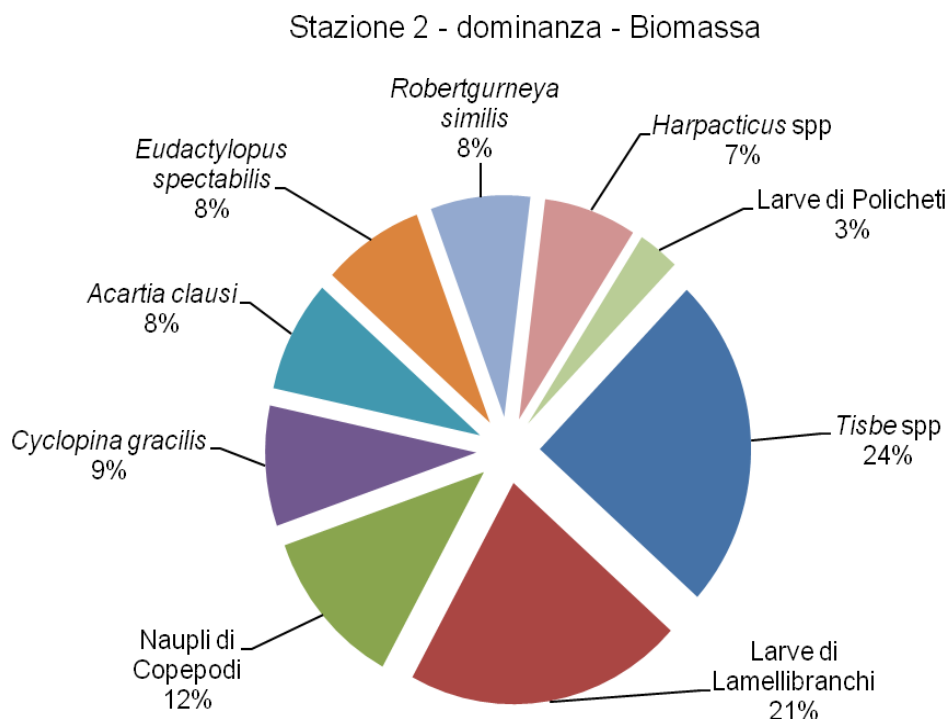


Figura 46. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di biomassa.

taxon	%	taxon	%
<i>Tisbe</i> spp	22,67	Larve di Cirripedi	0,54
Larve di Lamellibranchi	19,81	Ostracodi	0,49
Naupli di Copepodi	10,85	Arpacticoidi n.i.	0,18
<i>Cyclopina gracilis</i>	8,16	<i>Nitocra spinipes</i>	0,15
<i>Acartia clausi</i>	7,6	<i>Longipedia coronata</i>	0,14
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	7,23	Larve di Gasteropodi	0,13
<i>Robertgurneya similis</i>	7,06	<i>Mesochra pygmaea</i>	0,09
<i>Harpacticus</i> spp	6,58	<i>Clytemnestra rostrata</i>	0,03
Larve di Policheti	2,94	<i>Diarthrodes</i> spp	0,03
<i>Canuella perplexa</i>	2,8	Tegastidae	0,03
Larve di Decapodi	1,17	Ectinosomidae	0,02
<i>Heterolaophonte</i> spp	0,74	<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	0,01
Foraminiferi	0,56		

Tabella 14. Dominanza dello zooplankton espressa in termini di biomassa per i taxa ritrovati in stazione nell'anno di campionamento.

Anche in questa stazione le specie più abbondanti sono state anche le più frequenti. Le frequenze di ritrovamento dei singoli taxa sono riportate in figura 47.

Stazione 2 - frequenze di ritrovamento

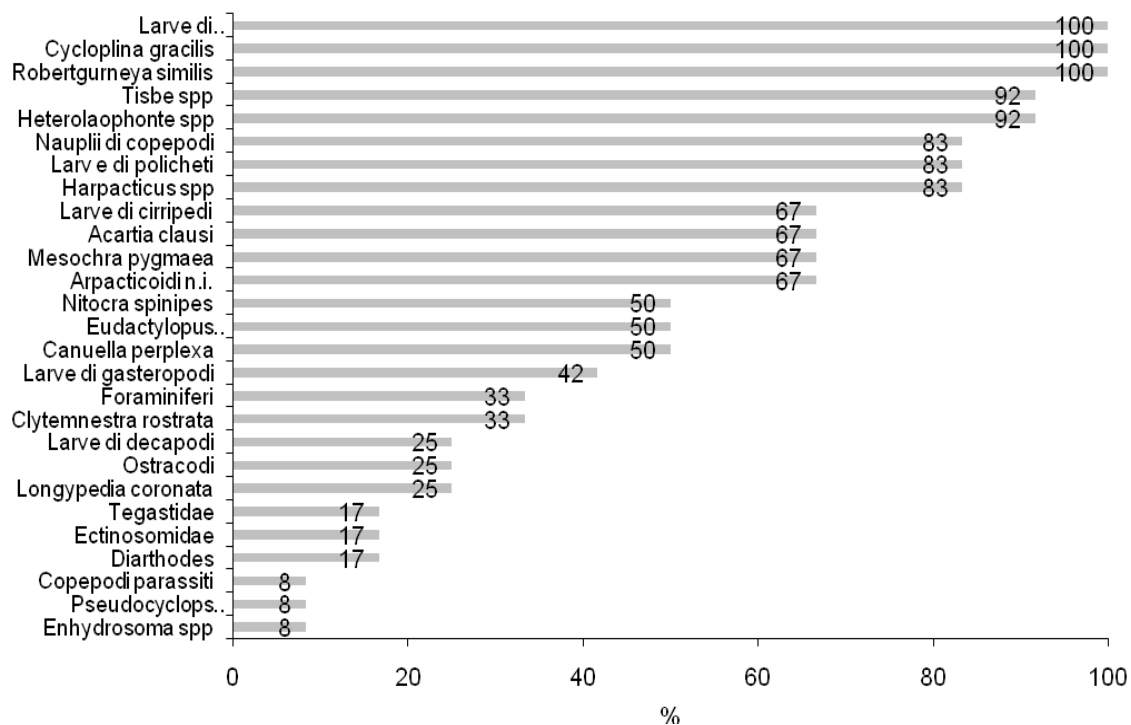


Figura 47. Frequenza di ritrovamento dei taxa nella stazione 2.

Larve di Lamellibranchi, *Cyclopina gracilis* e *Robertgurneya similis* sono sempre state ritrovate in colonna d'acqua.

Molto frequenti sono state anche *Tisbe*, naupli di Copepodi, larve di Policheti e *Harpacticus* spp, così come *Heterolaophonte* spp, che è però sempre stato riscontrato con densità piuttosto basse.

Da notare la frequenza più alta di specie che nella stazione 1 erano piuttosto rare o del tutto assenti, come larve di Cirripedi, *Nitocra spinipes* e *Canuella perplexa*.

In tabella 15 sono riportati i valori di densità registrati per ogni singolo taxon meroplanctonico, ed è possibile rendersi conto anche delle variazioni stagionali mostrate dalle specie più rappresentative.

Stazione 2 Meroplancton

Taxon	Ott-06	Nov-06	Dic-06	Gen-07	Feb-07	Mar-07
Larve di Cirripedi	412	128	20	-	-	17
Larve di Decapodi	-	-	-	2	8	2
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	-
Larve di Lamellibranchi	46080	9536	2624	3456	2320	548
Larve di Policheti	90	46	86	37	236	66
Uova	-	-	-	-	-	-
Taxon	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
Larve di Cirripedi	40	-	4	-	4	4
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	2	48	12	28	12
Larve di Lamellibranchi	8192	1504	200	298	2672	300
Larve di Policheti	64	10	-	2	4	-
Uova	-	-	-	-	-	-

Tabella 15. Valori di densità registrati per i gruppi meroplanctonici.

L'unico gruppo meroplanctonico che ha mostrato variazioni significative nel corso dell'anno di campionamento sono state le larve di Lamellibranchi (figura 48). Queste, dopo il picco record registrato nell'Ottobre 2006, erano presenti con densità elevate il mese successivo e ad Aprile del 2007 e con densità sensibilmente più basse durante la stagione estiva, ad eccezione del mese di Agosto, rispetto agli altri periodi dell'anno.

Le larve di Policheti sono state costantemente presenti nei primi mesi di campionamento, assestandosi su densità piuttosto basse, per scomparire poi del tutto nella stagione estiva. Un andamento simile per questo gruppo si era osservato anche nella stazione 1.

Nei primi mesi di campionamento erano presenti in stazione anche le larve di Cirripedi, probabilmente di Balanidi, con un massimo di 420 ind/m³ a Ottobre 2006.

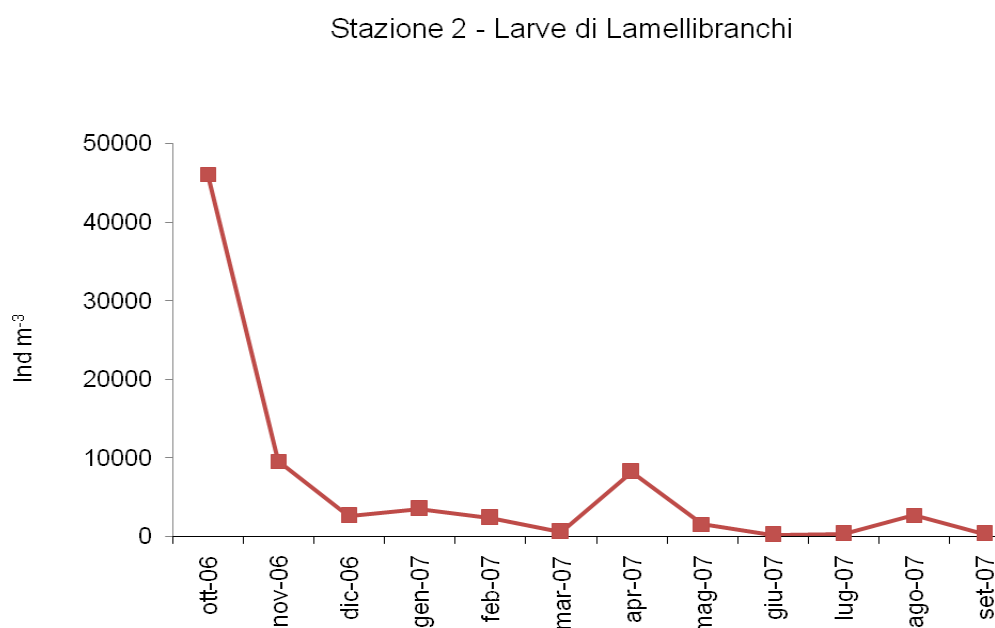


Figura 48. Stazione 2 variazioni temporali delle densità di larve di Lamellibranchi.

Passando a osservare le variazioni nel tempo delle densità dei principali Copepodi Ciclopoidi e Calanoidi presenti in questa stazione, si può senza dubbio affermare che la specie più importante è stata anche in questo caso *Cyclopina gracilis*. In figura 49 è mostrata la variazione della sua densità in confronto con quella di *Acartia clausi*.

Cyclopina gracilis ha mostrato un picco di densità, di circa 4500 ind/m³ a Marzo 2007, e densità più elevate durante il periodo invernale, mentre si è ridotta drasticamente in tarda primavera ed in estate.

Acartia clausi, d'altro canto, presente nei mesi più freddi, è scomparsa completamente dalla stazione nel periodo estivo.

taxon	Ott-06	Nov-06	Dic-06	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Cyclopina gracilis</i>	50	214	584	1311	3392	4571	588	80	164	154	140	80
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp	150	160	120	18	10	111	840	36	-	-	-	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 16. Valori di densità dei Ciclopoidi e dei Calanoidi in stazione 2.

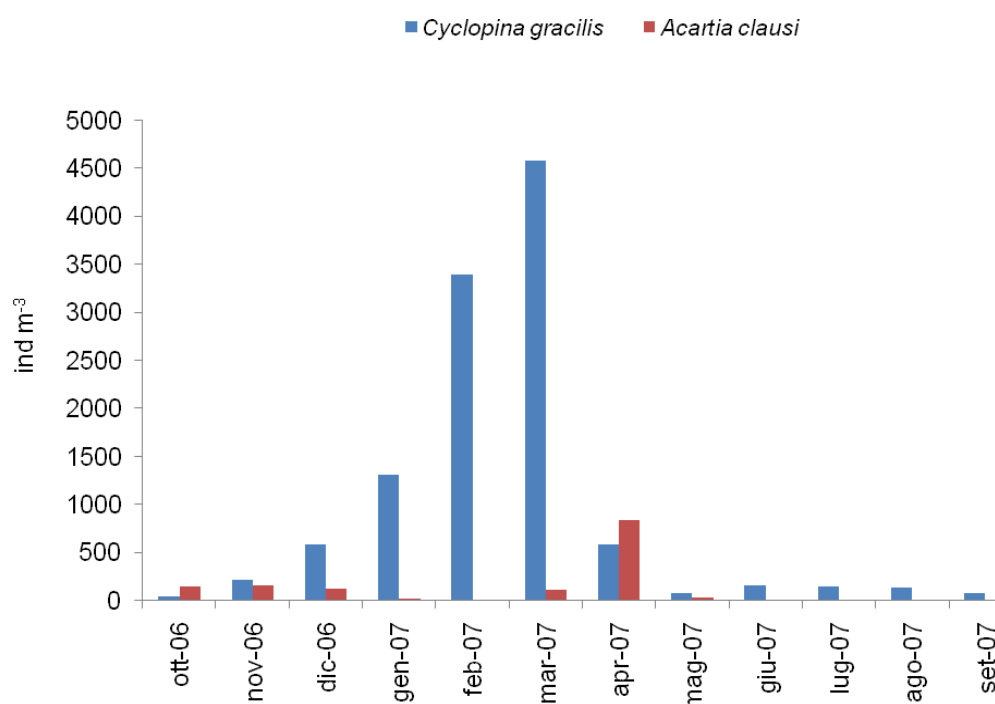


Figura 49. Variazioni temporali delle densità di *Cyclopina gracilis* e di *Acartia clausi* in stazione 2.

Per quanto riguarda i Copepodi Arpacticoidi è stato *Tisbe* spp il più abbondante, con un picco ad Ottobre 2006. La stazione era più ricca di questo Arpacticotide in autunno,

mentre le sue densità si sono ridotte nelle stagioni successive (fatta eccezione per una piccola risalita a Febbraio) fino a scomparire quasi del tutto in estate.

In questa stazione meritano attenzione anche le variazioni stagionali di altri Copepodi Arpacticoidi quasi sempre presenti in vasca, benchè con valori di densità piuttosto bassi: *Heterolaophonte* spp, *Harpacticus* spp e *Robertgurneya similis* (figura 50).

Il periodo primaverile e d'inizio estate è stato il più propizio per questi Arpacticoidi, *Robertgurneya similis* e *Harpacticus* spp hanno raggiunto valori massimi a Maggio e *Heterolaophonte* spp a Giugno.

In questa stazione *Harpacticus* spp ha mostrato una stagionalità piuttosto evidente, essendo presente quasi esclusivamente in primavera.

taxon	Ott-06	Nov-06	Dic-06	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Canuella perplexa</i>	12	8	2	-	-	6	48	2	4	4	4	-
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	2	6	-	-	1	-	2	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	12	-	-	-	36	8	-	32	36	16	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arpacticoidi n.i.	22	16	4	-	-	15	20	14	12	6	-	-
Ectinosomidae	10	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heterolaophonte</i> spp	88	2	-	3	28	18	60	24	236	88	28	32
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	16	6	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	2	8	8	2	-	3	116	404	112	54	8	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	2	2	6	5	-	9	8	-	-	12	20	-
<i>Nitocra spinipes</i>	-	2	32	1	-	1	2	-	-	2	-	-
<i>Robertgurneya similis</i>	138	100	124	59	250	53	250	344	228	114	92	80
<i>Tisbe</i> spp	4352	1632	166	78	540	104	154	42	20	8	-	4

Tabella 17. Valori di densità dei Copepodi Arpacticoidi nella stazione 2.

Stazione 2 - Arpacticoidi

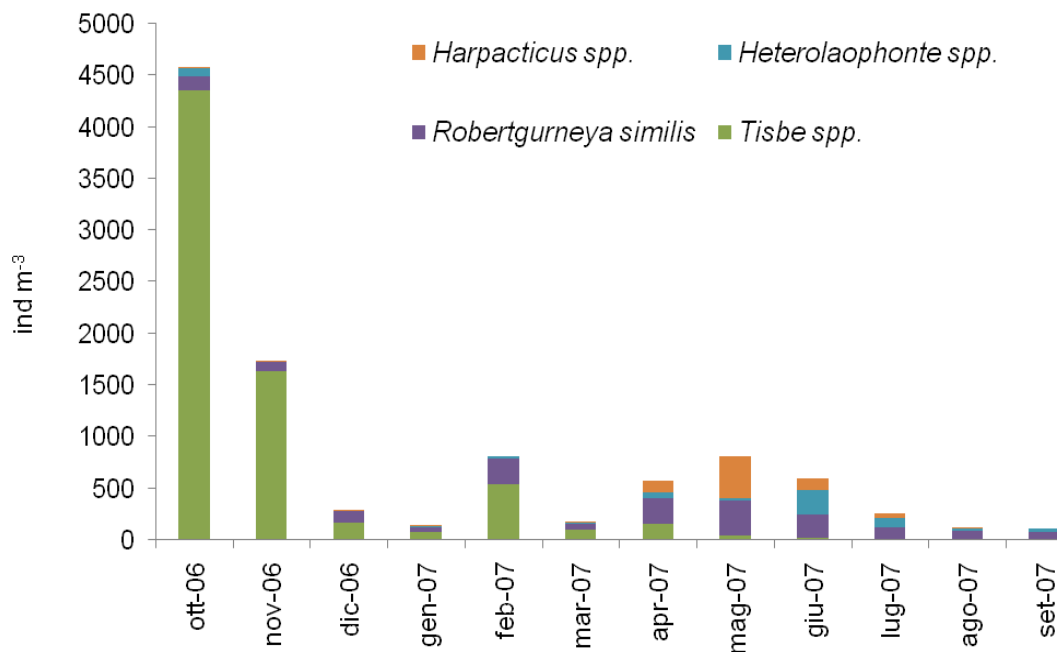


Figura 50. Andamento delle densità dei principali Copepodi Arpacticoidi.

Per i naupli di Copepodi (figura 51) in questa stazione si sono osservati 2 picchi, in primo, più alto, di 12288 ind/m³ a Novembre 2006 ed il secondo di 7488 ind/m³ ad Aprile 2007. I valori di densità più bassi sono stati registrati nel periodo estivo (32 ind/m³ a Giugno) e in pieno inverno a Gennaio (85 ind/m³).

La stazione 2 ha presentato un popolamento zooplanctonico molto simile a quello della stazione 1, ma con abbondanze e numero di taxa più ridotti.

Le principali differenze sono consistite nella quasi totale assenza di *Eudactylopus spectabilis*, specie molto abbondante in stazione 1.

Stazione 2 - Naupli di Copepodi

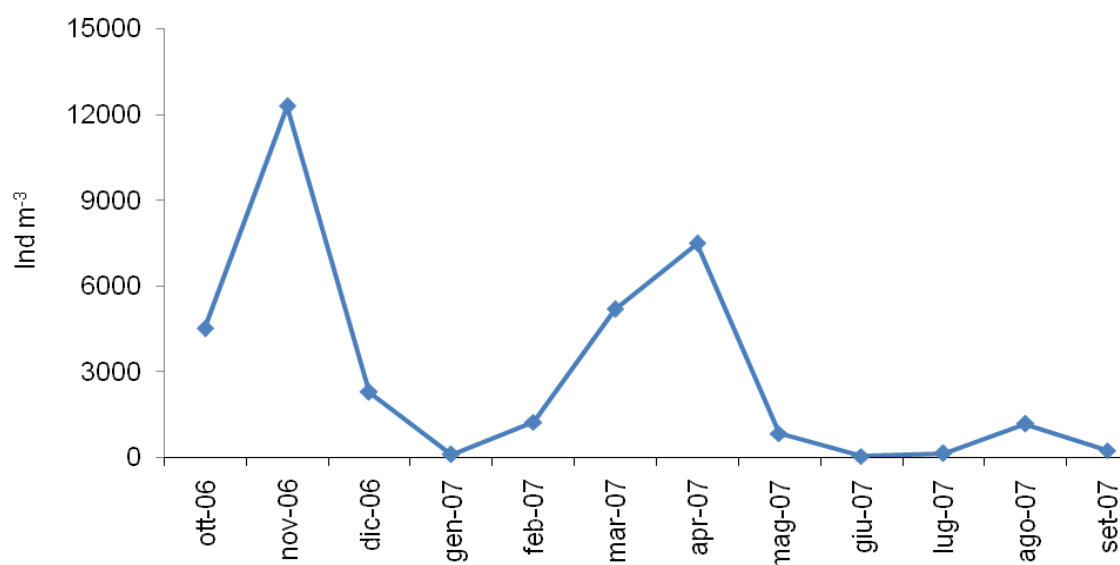


Figura 51. Variazioni temporali delle densità dei naupli di Copepodi in Stazione 2.

Questo Arpacticoide probabilmente tollera meno le variazioni di salinità rispetto ad altri e non si è adattato quindi ai valori medi di salinità tipici di questa stazione, che sono stati più alti, benché di poche unità, rispetto a quelli della stazione 1.

Molte specie presenti in stazione 1, come *Oithona* spp, *Euterpina acutifrons*, *Diarthodes* spp, in questa stazione sono state del tutto assenti o sono state presenti con densità molto basse.

La stazione 2 d'altro canto, ha presentato, con maggiore frequenza rispetto alla stazione 1, altri Copepodi Arpacticoidei, come *Nitocra spinipes* e *Canuella perplexa* che sono stati trovati con densità e frequenze più alte nelle stazioni iperaline, che dopo saranno descritte.

Si potrebbe, quindi, considerare questa stazione intermedia, non solo come posizione all'interno delle Saline, ma anche nella composizione dello zooplancton, che è molto simile a quella della stazione a ridosso della foce d'ingresso, ma ha già qualche analogia con quella delle stazioni a valle. Un leggero effetto del gradiente salino sullo zooplancton sembra già essersi avvertito in questa stazione.

4.2.4 Stazione 3

La stazione 3 si è caratterizzata per avere valori di salinità mediamente più elevati rispetto alle stazioni 1 e 2, per una minore altezza della colonna d'acqua e generalmente ha presentato uno zooplankton piuttosto scarso e poco ricco di taxa.

In alcuni mesi, prevalentemente quelli estivi, quando la colonna d'acqua si è abbassata sotto i 25 cm di altezza per effetto della forte evaporazione, non sono stati eseguiti campionamenti quantitativi dello zooplankton con la tecnica messa a punto, ma sono state compiute soltanto analisi di tipo qualitativo.

In questa stazione, le variazioni nel tempo della densità e della biomassa dello zooplankton (figura 52) hanno mostrato andamenti simili e i picchi sono stati raggiunti per la densità nel mese di Marzo 2007 con 11124 ind/m³ e per la biomassa nel mese di Aprile con 26,29 µg/m³, mentre i valori minimi di densità a Maggio 2006 (297 ind/m³) e di biomassa ad Agosto 2006 (1,33 µg/m³).

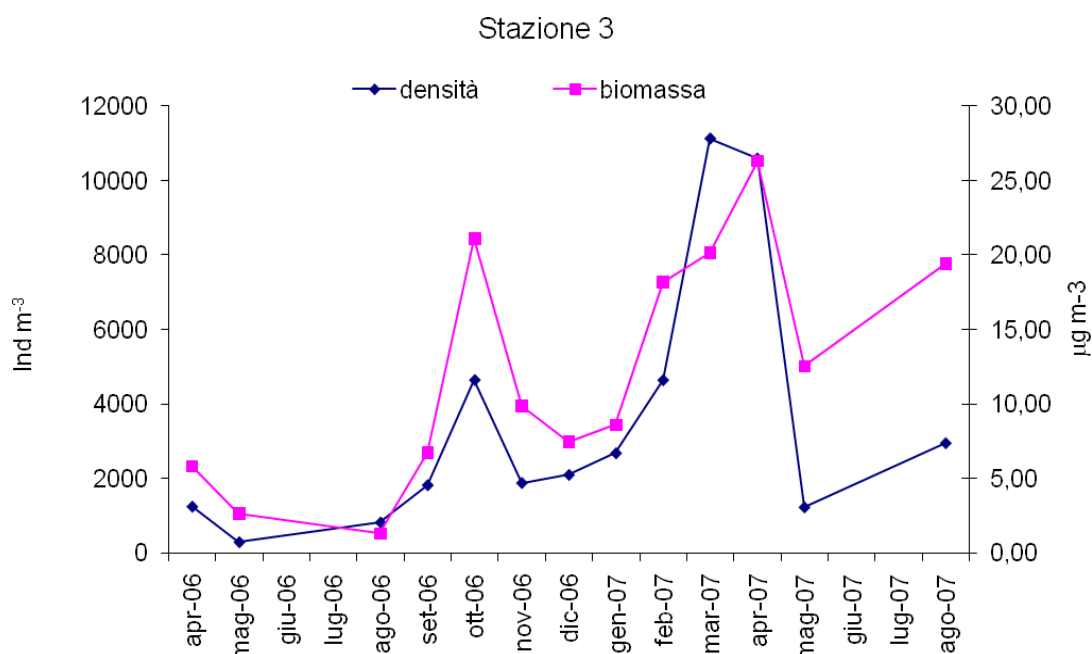


Figura 52. Stazione 3, confronto tra le dinamiche di densità e biomassa zooplanctonica.

Proprio alla fine dell'estate del 2006 la stazione è stata riempita di nuovo con acqua di mare, dopo essere andata incontro a un quasi totale prosciugamento anche in conseguenza di lavori di rafforzamento degli argini compiuti in altri settori delle Saline, a causa dei quali era stata interrotta la movimentazione delle acque tra le vasche.

L'Analisi delle Coordinate Principali (figura 53), ha messo in risalto che, ordinando i dati sulla base della matrice di distanza di Bray Curtis, (asse 1 = 32,5%, asse 2 = 26,5%), i punti si sono distribuiti in maniera piuttosto eterogenea, con i primi mesi di campionamento nettamente separati dagli altri lungo l'asse della coordinata principale (PCo1) e gli altri più raggruppati; questo indica che si è avuto un netto cambiamento del popolamento zooplanctonico nella vasca dopo i primi mesi di campionamento.

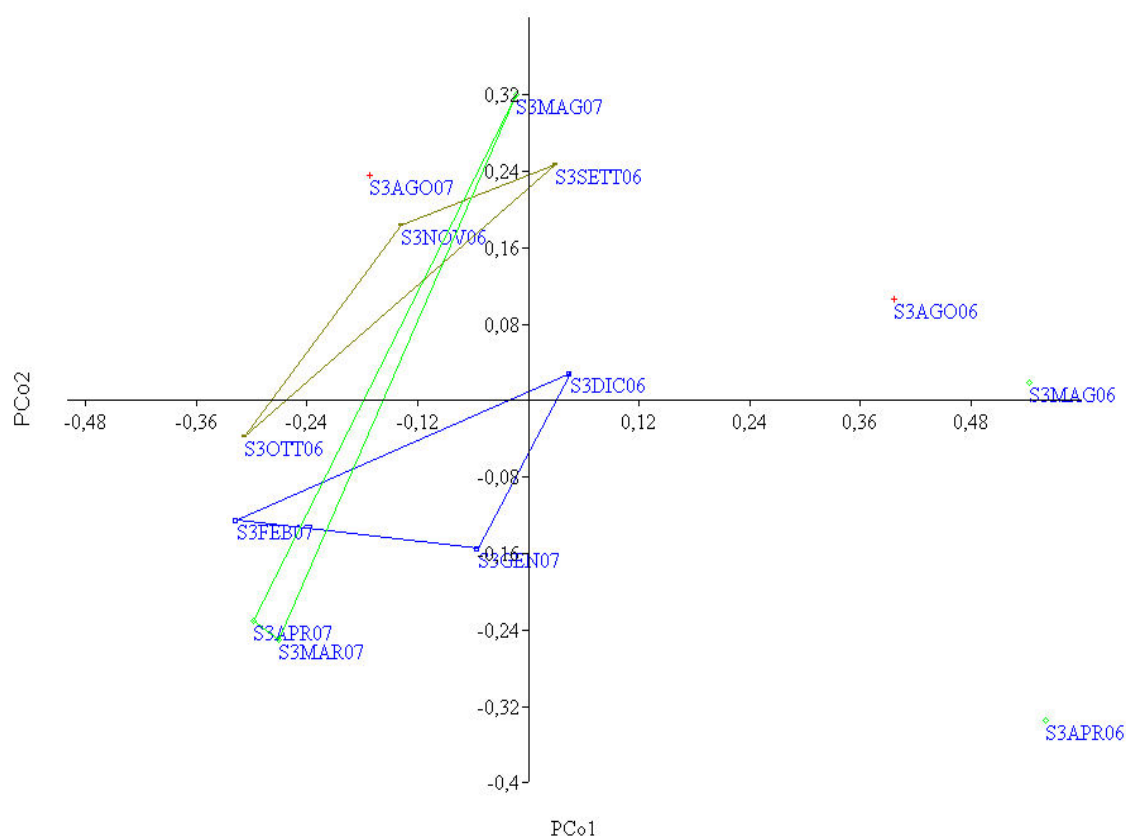


Figura 53. Stazione 3, Analisi delle Coordinate Principali, eseguita utilizzando la matrice di distanza di Bray Curtis (primavera = verde) (estate = rosso) (autunno = marrone) (inverno = blu).

La densità e il numero di taxa dello zooplancton sono notevolmente più ridotti nella stazione 3, rispetto a quanto osservato prime due stazioni.

A causa della forte evaporazione d'acqua, non è stato possibile effettuare campionamenti quantitativi nella maggior parte dei mesi estivi.

Prendendo in considerazione i dati di densità, la componente oloplanctonica in questa stazione è stata preponderante rispetto a quella meroplanctonica, e ha costituito circa l'85% dello zooplancton totale.

Osservando le variazioni nel tempo delle densità dell'oloplancton e del meroplancton è emerso che il primo ha sempre prevalso in termini di densità sul secondo, riscontrato soltanto nella primavera del 2007 (figura 54).

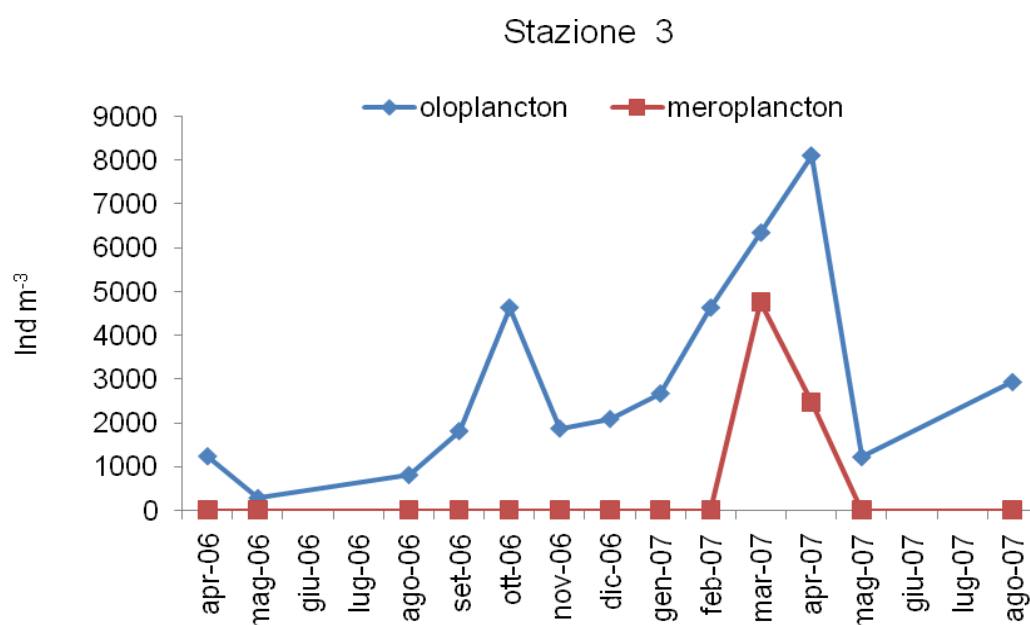


Figura 54. Variazioni nel tempo delle densità di oloplancton e meroplancton.

Per quanto invece riguarda le frequenze di ritrovamento dei singoli taxa, questa stazione oltre alla forte riduzione del numero di taxa e della densità, ha mostrato nel tempo una composizione piuttosto costante e omogenea dello zooplancton, caratterizzato da poche specie presenti in quasi tutti i campionamenti.

Questa stazione (figura 55) ha visto la presenza dei Copepodi Arpacticoidi *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*, rinvenuti in più dell'80% dei campionamenti. Si tratta di specie eurialine e con elevate capacità di adattamento alle condizioni estreme della vasca.

Canuella perplexa, un altro Copepode Arpacticotide eurialino ed euritermo, più legato al sedimento però che alla colonna d'acqua, è stata la terza specie in termini di frequenza in questa stazione.

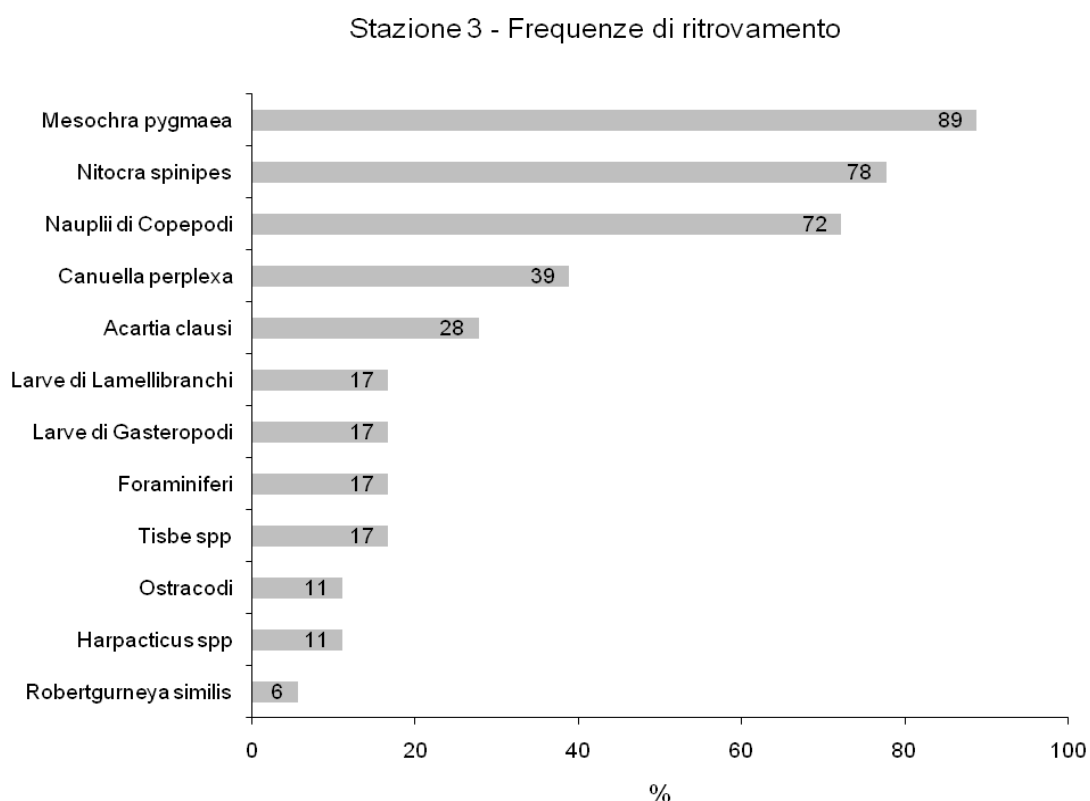


Figura 55. Frequenze di ritrovamento dei taxa nella stazione 3.

La specie più frequente in questa stazione, *Mesochra pygmaea*, è stata anche quella dominante in termini di densità, costituendo il 56% dello zooplancton totale (figura 56). *Nitocra spinipes*, benchè molto frequente, è stata presente in colonna d'acqua con densità sensibilmente più basse, forse per la sua natura più prettamente meiobentonica.

In termini di biomassa (per brevità non si riporta il grafico), *Mesochra pygmaea* è rimasta sempre la specie predominante, ma con valori (44%) meno nettamente superiori di quelli di *Nitocra spinipes* (34%), essendo la prima specie di taglia molto inferiore alla seconda.

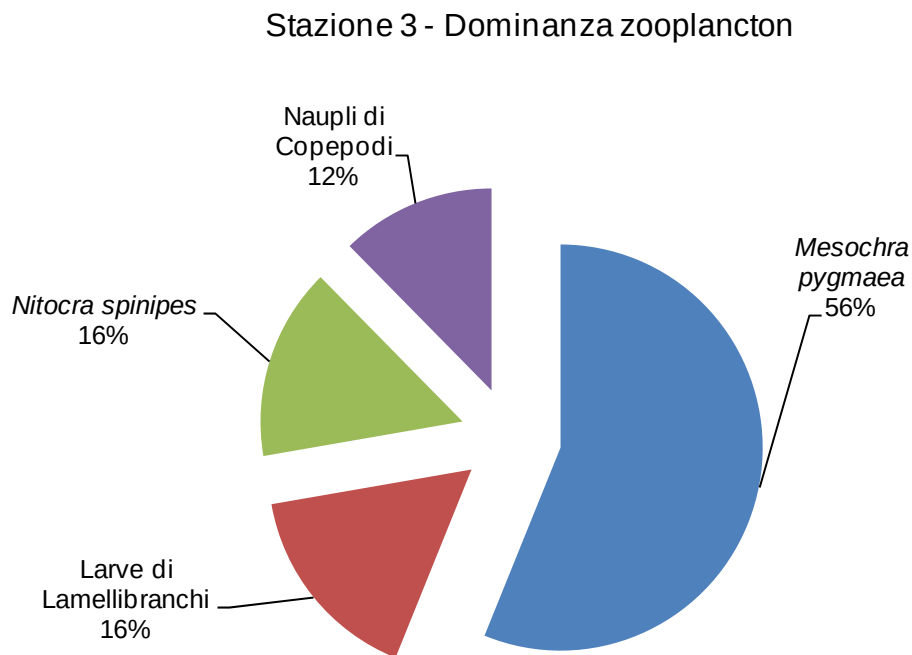


Figura 56. Dominanza dello zooplancton espressa in termini di densità.

Le variazioni stagionali della densità dei principali taxa (figura 57) hanno rivelato per *Mesochra pygmaea* un primo picco di 3698 ind/m³ ad Ottobre 2006 e un secondo tra Marzo e Aprile 2007, quando la sua densità si è assestata tra i 5000 e i 6000 ind/m³.

Generalmente nei mesi tardo primaverili ed estivi, con l'aumentare della temperatura dell'acqua e della salinità, le densità di *Mesochra* si sono ridotte sensibilmente. La specie è stata sempre presente nella stazione, anche nei mesi in cui la colonna d'acqua si è abbassata al di sotto dei 20 cm, per cui non è stato però possibile determinarne la densità.

Nitocra spinipes non è stata riscontrata in stazione nei primi mesi di campionamento, mentre da Settembre 2006 la sua presenza è stata pressochè costante, ma con valori di densità piuttosto variabili. La specie sembra non aver risentito particolarmente delle variazioni, anche brusche, dei parametri chimico-fisici della vasca, infatti i suoi due picchi di densità si sono avuti in inverno, a Febbraio, con 1112 ind/m³, e in piena estate, ad Agosto, con 1904 ind/m³, con in vasca valori di salinità molto differenti. Come *Mesochra pygmaea*, anche *Nitocra spinipes* era presente nella stazione anche nei mesi estivi del 2007, ma non è stato possibile determinarne la densità.

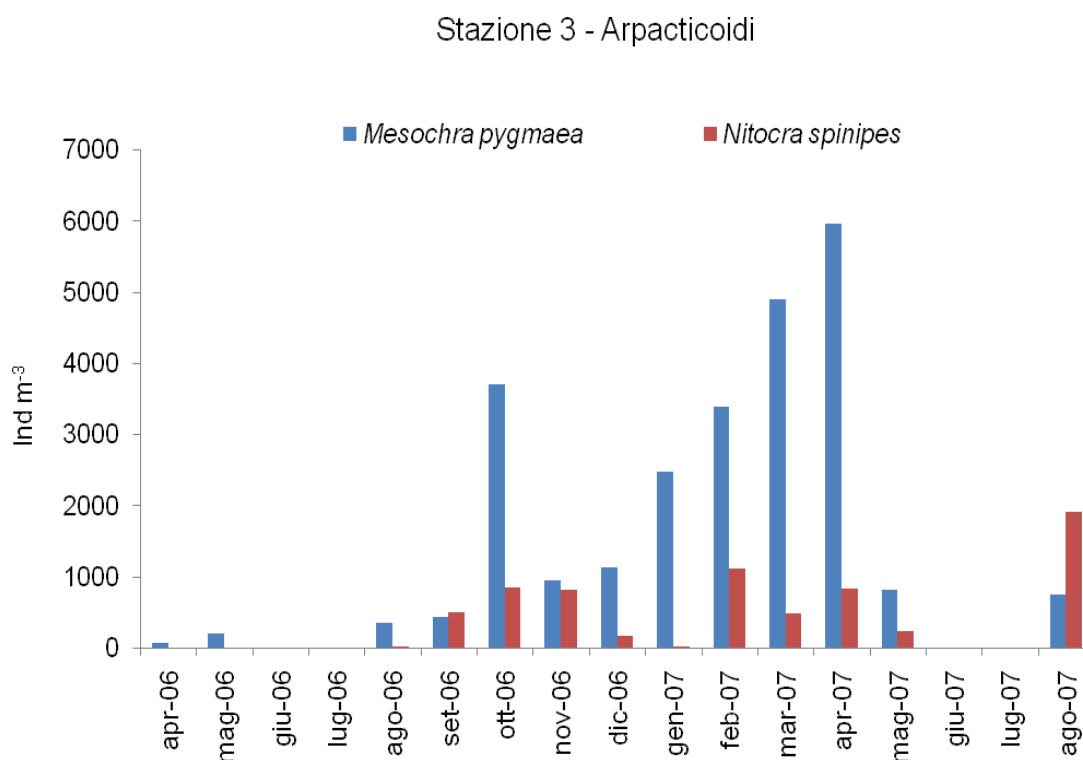


Figura 57. Variazioni nel tempo delle densità di *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes* nella stazione 3; (i valori di densità dello zooplancton per tutte le specie sono riportati nelle tabelle 18 e 19 a pag. 103-104).

Il meroplancton in questa stazione, come già accennato, è risultato costituito quasi esclusivamente da larve di Lamellibranchi, presenti nella primavera del 2007, in concomitanza con il picco di densità per i naupli di Copepodi.

Gli altri taxa presenti in stazione sono di importanza decisamente secondaria, (i valori di densità di tutti i taxa sono riportati in tabella 18 e 19 a fine paragrafo) per la loro frequenza saltuaria e per le abbondanze molto ridotte. Gli Arpacticoidi *Harpacticus* spp e *Tisbe* spp sono stati ritrovati solo nei primissimi mesi di campionamento quando la salinità della vasca era prossima a quella dell'acqua di mare, *Acartia clausi* è stata riscontrata sporadicamente nel periodo invernale, probabilmente per trascinamento passivo dalle stazioni a monte, mentre più continua è stata la presenza di *Canuella perplexa*, una specie però più legata al sedimento, che in colonna d'acqua si è ritrovata sempre con densità molto basse.

Le specie caratteristiche di questa stazione sono gli Arpacticoidi *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*.

Mesochra pygmaea è un Arpacticotide particolarmente adattato alla vita in ambienti che presentano condizioni chimico fisiche estreme. La tolleranza alla salinità nel genere *Mesochra* è stata osservata anche in altri ambienti iperalini (Zuniga et al., 1991; Campbell, 1995). *Mesochra* al tempo stesso colonizza acque poco profonde e ricche di vegetazione, di macroalghe e macrofite, mostrando una spiccata propensione per questi tipi di ambienti (Steinarsdottir et al., 2003).

Anche *Nitocra spinipes* si caratterizza per la sua capacità di resistere a condizioni ambientali limitanti. È una specie che tollera intervalli di salinità molto ampi (Wulff, 1972).

Più legata al fondo di *Mesochra*, e detritivora piuttosto che erbivora, *Nitocra spinipes* è in ogni caso, capace di emergere in colonna d'acqua (Olafsson et al., 2005), dove può rimanere anche per lunghi periodi. La resistenza a salinità elevate è stata evidenziata anche in altre specie dello stesso genere, come *Nitocra fallaciosa* (Caspers, 1981).

Nitocra spinipes è una specie comunemente utilizzata per test eco tossicologici, sono stati studiati gli effetti di alcuni estrogeni, dei PBDE sul suo potenziale riproduttivo.

Le altre specie ritrovate in stazione sono meno abbondanti. *Tisbe* spp, ad esempio, presente i primi mesi, è scomparso dalla stazione 3, come dalla 4, quando la salinità ha superato valori di 40 PSU, e questo ha confermato i risultati ottenuti esperimenti di laboratorio in cui questa specie è stata sottoposta a stress salini (Finney, 1979).

Taxon	Apr-06	Mag-06	Giu-06	Lug-06	Ago-06	Set-06	Ott-06	Nov-06	Dic-06
<i>Artemia salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fabrea salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canuella perplexa</i>	-	12	pres	-	-	20	71	12	-
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arpacticoidi n.i.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ectinosomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laophontidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	223	64	-	-	-	-	-	-	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	69	198	pres	-	349	427	3698	948	1122
<i>Nitocra spinipes</i>	-	-	-	-	12	486	838	814	154
<i>Robertgurneya similis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tisbe</i> spp	92	24	-	-	-	-	-	36	-
<i>Cyclopina gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp	28	-	-	-	-	-	-	-	265
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodi parassiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Foraminiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sifonofori	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Cirripedi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Lamellibranchi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Policheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naupli di Copepodi	838	-	-	-	462	893	40	75	561
Uova	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 18. Valori di densità dello zooplankton nella stazione 3 (periodo Aprile Dicembre 2006).

Taxon	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Artemia salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fabrea salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canuella perplexa</i>	16	-	-	-	48	-	-	32	-
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arpacticoidi n.i.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ectinosomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laophontidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	2464	3392	4896	5952	808	pres	-	744	pres
<i>Nitocra spinipes</i>	15	1112	476	824	232	pres	pres	1904	pres
<i>Robertgurneya similis</i>	-	-	-	-	-	-	-	48	-
<i>Tisbe</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopina gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp	61	28	-	28	-	-	-	-	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodi parassiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Foraminiferi	-	-	-	52	16	-	-	24	-
Ostracodi	-	-	-	20	128	-	-	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sifonofori	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Cirripedi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	24	-	-	-	8	pres
Larve di Lamellibranchi	-	-	4768	2448	-	-	-	-	pres
Larve di Policheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naupli di Copepodi	128	112	984	1240	-	pres	-	192	pres
Uova	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 19. Valori di densità dello zooplancton nella stazione 3 (periodo Gennaio – Settembre 2007).

4.2.5 Stazione 4

Nelle Saline di Tarquinia la stazione 4 è la più lontana dal punto d'ingresso dell'acqua di mare ed è quella che, nel corso dell'intero periodo di campionamento, ha presentato i valori di salinità più elevati.

In questa stazione si sono avuti inoltre per lo zooplancton, i valori in assoluto più bassi di densità, di biomassa e di numero di taxa. Come già è stato detto per la stazione 3, anche in questa vasca durante i mesi estivi si è andato incontro a un parziale o totale prosciugamento che non ha consentito di eseguire misure quantitative dello zooplancton.

In questi mesi di quasi totale prosciugamento è stato possibile filtrare solo pochi litri d'acqua, al fine di valutare la presenza delle specie più resistenti.

La figura 58 rappresenta gli andamenti delle densità e delle biomasse dello zooplancton in questa stazione.

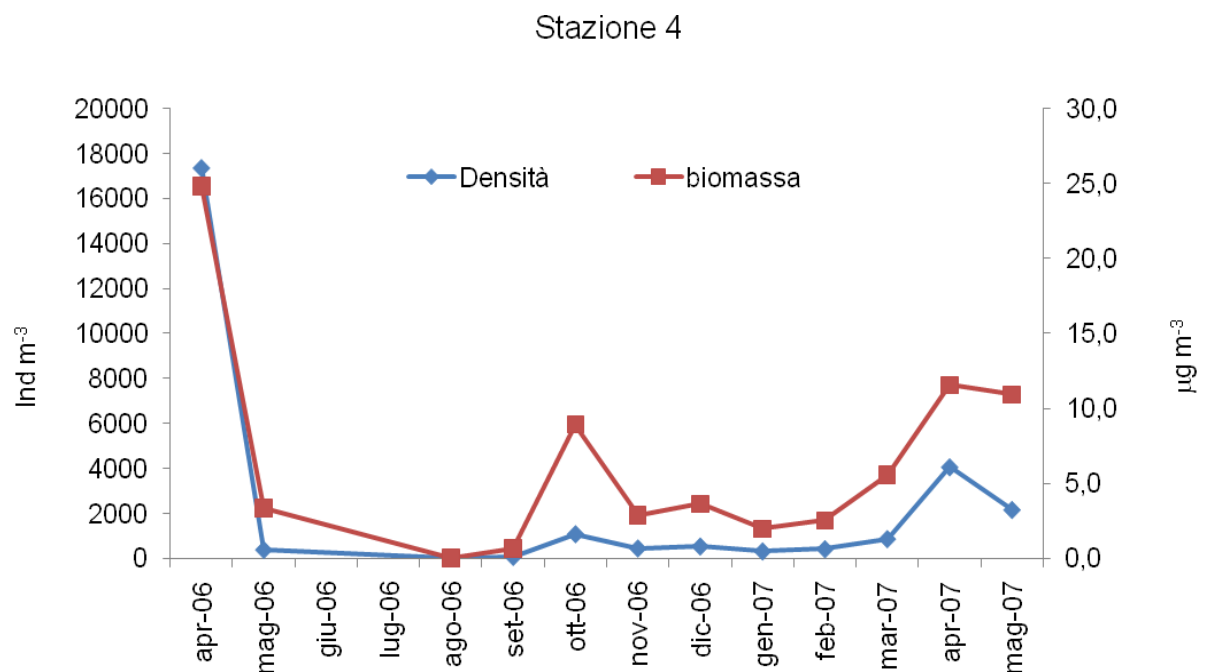


Figura 58. Stazione 4, confronto tra le dinamiche di densità e biomassa zooplanctonica.

Biomasse e densità hanno mostrato andamenti simili, ad eccezione del mese di Ottobre in cui abbondanze maggiori di *Nitocra spinipes* hanno incrementato i valori di biomassa. I valori massimi di densità e biomassa zooplanctonica, rispettivamente pari a $24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $17371 \text{ ind}/\text{m}^3$, sono stati riscontrati in occasione del primo mese di campionamento, ad Aprile del 2006, quando tutta l'area delle Saline risentiva ancora delle piogge abbondanti dei mesi precedenti e l'acqua aveva subito una parziale dolcificazione e un aumento d'altezza, favorendo l'insediamento di specie meno eurialine.

Le densità e le abbondanze delle specie zooplanctoniche, nei mesi successivi, quando la salinità è tornata su valori molto elevati, si sono notevolmente ridotte, e aumenti relativi si sono avuti soltanto nella primavera del 2007.

Dall'Analisi delle Coordinate Principali (figura 59), ordinando i dati utilizzando la matrice di distanza di Bray Curtis (asse 1 = 33,47%, asse 2 = 18,26%), è emerso che i primi mesi di campionamento si sono separati dagli altri sul primo asse positivo, i mesi seguenti si sono posizionati sul lato negativo, rimanendo tra di loro abbastanza allineati. Questo indica che la composizione in specie del popolamento zooplanctonico dopo i primi mesi è cambiata ed è rimasta poi costante. Un risultato simile si era già osservato nella stazione 3. La possibile spiegazione è che in questa stazione, come nella 3, l'incremento di salinità, da valori prossimi a quelli marini a valori molto alti, abbia selezionato un popolamento zooplanctonico adattato alle nuove condizioni e che questo si sia poi mantenuto nel tempo.

In questa stazione, come nelle altre, la stagione con minore variabilità è stata l'inverno.

La stazione 4 si è differenziata da tutte le altre esaminate, inoltre, per la presenza di taxa caratteristici, non rinvenuti nelle altre stazioni.

Il confronto tra l'oloplancton e il meroplancton in questa stazione non può essere compiuto se non per il primo mese di campionamento, quando in colonna d'acqua erano presenti le larve di Lamellibranchi, poi scomparse e mai più rinvenute.

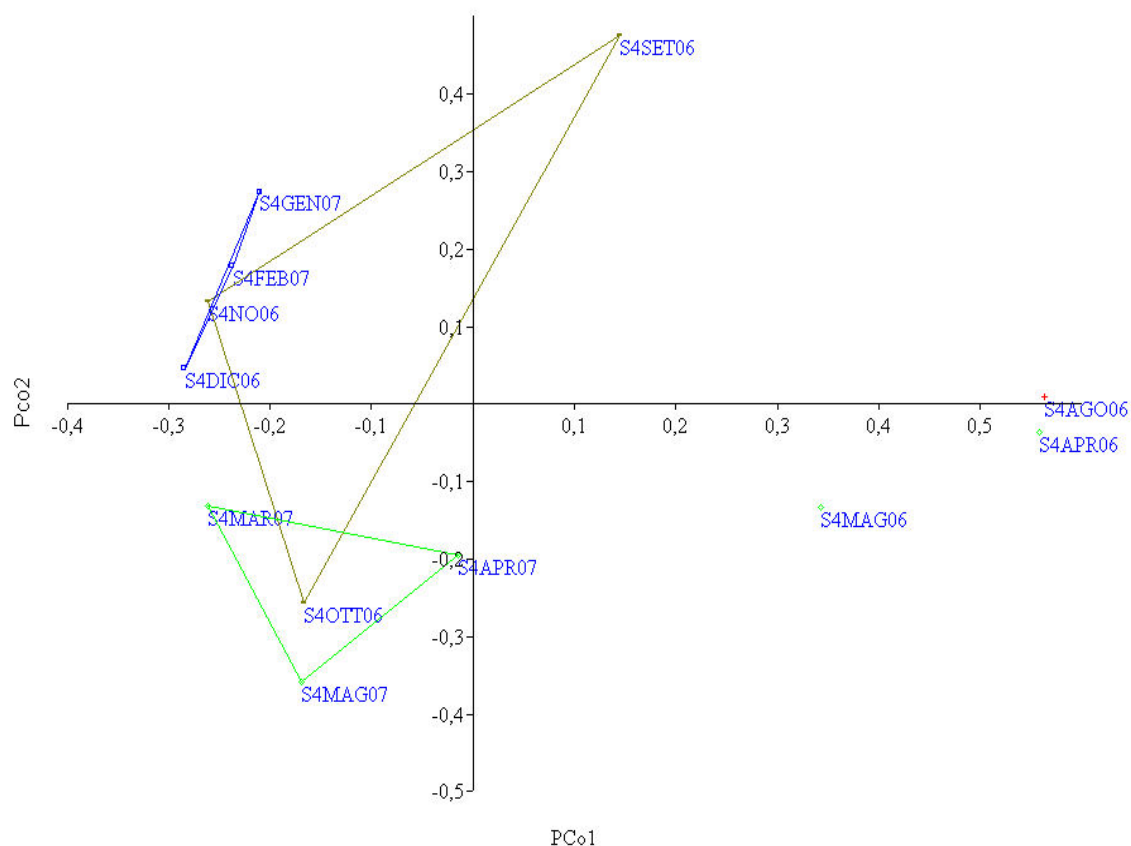


Figura 59. Stazione 4, Analisi delle Coordinate Principali, su valori di biomassa zooplanctonica, con utilizzo della matrice di distanza di Bray Curtis.

L'intero periodo di campionamento può essere suddiviso in tre intervalli caratterizzati da differente composizione dello zooplancton. Il primo periodo è coinciso con Aprile 2006, mese in cui la stazione presentava uno zooplancton ricco sia di meroplancton (larve di Lamellibranchi), sia di oloplancton, rappresentato da *Acartia clausi* (che era diffuso in molti altri settori delle Saline in quel periodo), da naupli di Copepodi e dal rotifero *Brachionus plicatilis*, che qui è comparso con densità relativamente elevate (1675 ind/m³). Il mese successivo tutte le specie prima indicate sono scomparse e in stazione si ritrovava solo uno scarso popolamento di Copepodi Arpacticoidi, tra cui *Mesochra pygmaea*.

Il secondo periodo è stato quello intercorso tra l'Agosto del 2006 e il Maggio del 2007, quando, dopo un periodo di totale prosciugamento della vasca, nella stazione si è sviluppato un popolamento costituito dalle stesse due specie che hanno dominato anche nella stazione 3, *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*.

Il terzo periodo è coinciso con gli ultimi due mesi di campionamento in cui, complice un aumento rilevante della salinità ed il superamento di valori di 130 PSU, dalla stazione sono scomparsi tutti i Copepodi e il popolamento zooplanctonico è diventato monospecifico e costituito dal Protozoo Ciliato *Fabrea salina*. A causa della scarsa altezza della colonna d'acqua (<25 cm) non è stato possibile stimare la densità del Protozoo; osservando, però i campioni d'acqua prelevati a mano con becher, si può affermare che il Protozoo avuto una vera e propria esplosione.

In figura 60 è riportata la frequenza di ritrovamento dei singoli taxa: dal grafico è emerso che, per quasi tutto il periodo di campionamento, le condizioni ambientali hanno determinato la prevalenza degli Arpacticoidi eurialini *Nitocra spinipes* e *Mesochra pygmaea*.

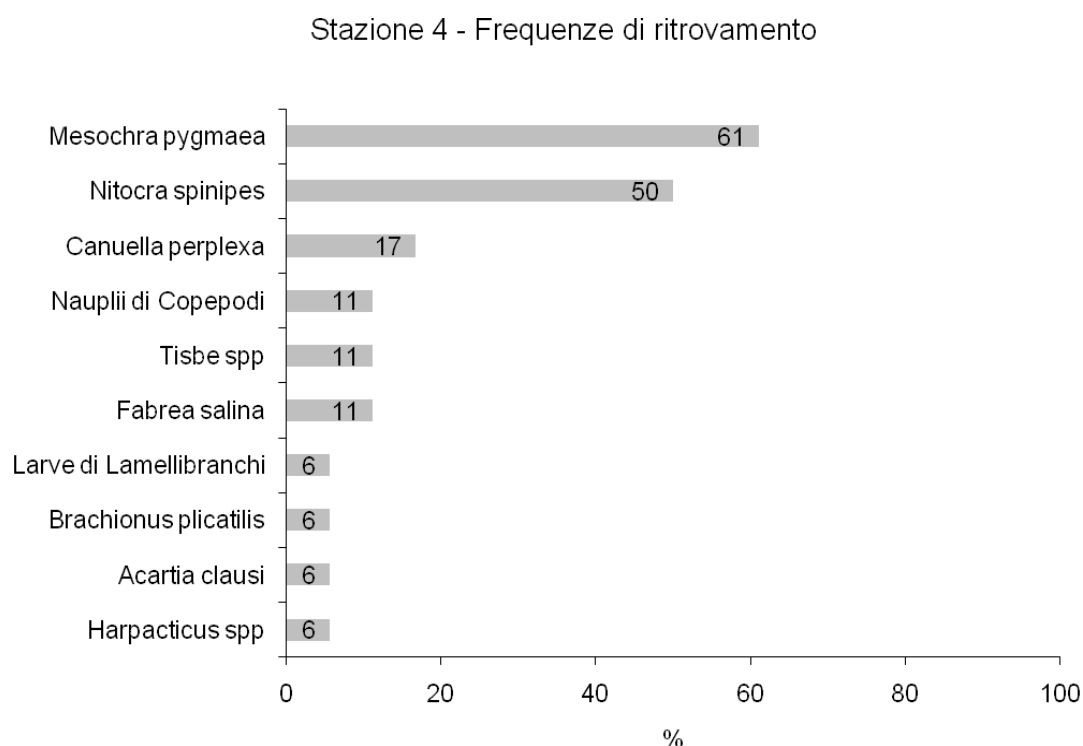


Figura 60. Frequenza di ritrovamento dei taxa nella stazione 4.

In termini di densità totale *Mesochra pygmaea* ha prevalso su *Nitocra spinipes*, ed è stata anche la specie più frequentemente riscontrata e ha presentato un picco di densità nella primavera del 2007, ad Aprile con 3360 ind/m³, mentre nel resto dei mesi è stata sempre presente con valori molto bassi (figura 61). *Nitocra spinipes* ha mostrato due massimi, in due periodi diversi dell'anno e variazioni di densità più contenute, mostrando di non aver risentito delle variazioni dei parametri chimico-fisici verificatesi in stazione. *Nitocra spinipes* aveva mostrato questo stesso comportamento nella stazione 3.

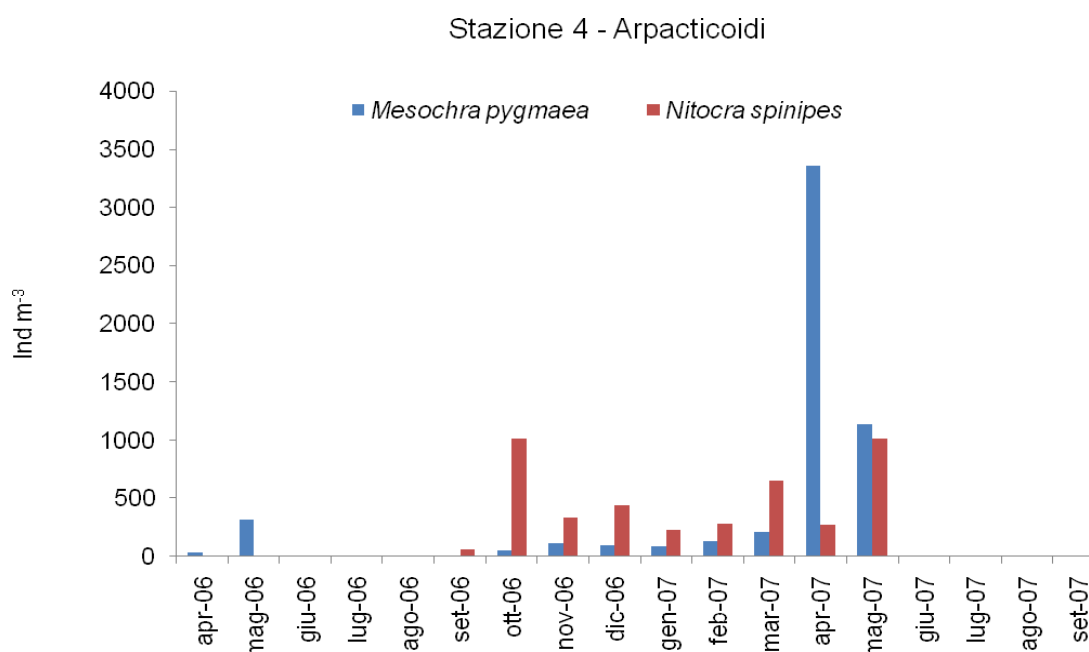


Figura 61. Variazione della densità di *Nitocra spinipes* e *Mesochra Pygmea* nella stazione 4.

La presenza del rotifero *Brachionus plicatilis* nel mese di Aprile 2006 e lo sviluppo di abbondanti popolazioni di *Fabrea salina* nell'estate del 2007 hanno contraddistinto questa stazione dalle altre. *Brachionus plicatilis* è, tra i Rotiferi, uno dei più eurialini, è stato, infatti, rinvenuto anche in altre Saline (Yufere et al., 1984).

Nelle tabelle 20 e 21 seguenti, sono riportati i valori di densità di ciascun taxon nel corso dell'intero periodo di campionamento.

Taxon	Apr-06	Mag-06	Giu-06	Lug-06	Ago-06	Set-06	Ott-06	Nov-06	Dic-06
<i>Artemia salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fabrea salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canuella perplexa</i>	-	36	pres	-	-	3	16	-	-
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arpacticoidi n.i.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ectinosomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heterolaophonte</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	32	310	-	-	-	5	47	107	90
<i>Nitocra spinipes</i>	-	-	-	-	-	57	1011	336	439
<i>Robertgurneya similis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tisbe</i> spp	67	30	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopina gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp	1217	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodi parassiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Foraminiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i>	1675	-	-	-	-	-	-	-	-
Sifonofori	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Cirripedi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Lamellibranchi	1406	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Policheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naupli di Copepodi/ spp juv	12974	-	-	-	-	-	-	-	-
Uova	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 20. Valori di densità (Ind m⁻³) dei singoli taxa zooplanctonici nella stazione 4, (periodo Aprile - Dicembre 2006).

Taxon	Gen-07	Feb-07	Mar-07	Apr-07	Mag-07	Giu-07	Lug-07	Ago-07	Set-07
<i>Artemia salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fabrea salina</i>	-	-	-	-	-	-	-	pres	pres
<i>Canuella perplexa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	--	-
Arpacticoidi n.i.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ectinosomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heterolaophonte</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tegastidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harpacticus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	83	128	208	3360	1136	pres	-	-	-
<i>Nitocra spinipes</i>	226	280	648	272	1016	pres	pres	-	-
<i>Robertgurneya similis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tisbe</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopina gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oithona</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodi parassiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Foraminiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sifonofori	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Cirripedi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Decapodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larve di Lamellibranchi	-	-	-	-	-	-	-	--	-
Larve di Policheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naupli di Copepodi/ spp juv	-	-	-	420	-	pres	-	-	-
Uova	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 21. Valori di densità (Ind m⁻³) dei singoli taxa zooplanctonici nella stazione 4, (periodo Gennaio - Settembre 2007).

4.3 Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia: analisi dei dati

Dopo aver presentato i risultati per le singole stazioni e aver visto le caratteristiche principali dello zooplancton di ognuna, il passo successivo è stato di analizzare con maggiore dettaglio l'insieme dei dati raccolti e di verificare le dinamiche nello spazio e nel tempo dello zooplancton all'interno delle Saline.

Al fine di evidenziare relazioni esistenti tra i taxa ritrovati, e le loro variazioni spaziali e temporali sono state create tre matrici di dati.

Una prima matrice, con valori binari (0-1), indica semplicemente la presenza o l'assenza di un taxon in un mese di campionamento per stazione, e comprende tutti i mesi di campionamento, anche quelli sui quali esistono solo dati qualitativi, come sovente è accaduto nel caso delle stazioni 3 e 4 nei mesi estivi.

Le altre due matrici riportano i mesi di campionamento per i quali esistono dati quantitativi e riportano, per ogni singolo taxon, l'una i valori di densità, e l'altra i valori di biomassa.

Le elaborazioni statistiche sono state tutte compiute con la matrice riportante i valori di biomassa dello zooplancton, riportata in appendice 3, mentre la matrice con i dati di densità è stata utilizzata solo come matrice di controllo e di confronto.

La matrice in cui sono state riportate le presenze-assenze dei taxa è stata utilizzata per stabilire, attraverso l'Analisi delle Coordinate Principali, le relazioni fra i popolamenti zooplanctonici tipici di ciascuna stazione e comprende un insieme di dati binari di 33 variabili (taxa) per 66 campionamenti. A tal fine la distanza è stata misurata utilizzando il coefficiente di Jaccard, corrispondente al rapporto fra concordanze e numero di elementi non nulli dei vettori-osservazione.

Le matrici con i valori di biomassa e di densità comprendono anch'esse un set di dati di 33 variabili (taxa) per un totale di 55 campionamenti.

4.3.1 Analisi delle Coordinate Principali

L'Analisi delle Coordinate Principali è il test che ha permesso di mettere a confronto la composizione in specie delle 4 stazioni campionate. In un primo momento stati ordinati con la matrice di dissimilarità di Jaccard e i risultati riportati dell'analisi hanno una varianza spiegata dai primi due assi (asse 1 = 42,5 %, asse 2 = 8,32 %). L'analisi ha rilevato che le stazioni 1 e 2 hanno mostrato nel tempo un popolamento zooplanctonico simile e in parte sovrapposto.

Queste stazioni si separano nettamente sugli assi dalle stazioni 3 e 4, le quali, a loro volta, hanno mostrato nel corso del tempo un popolamento zooplanctonico abbastanza costante e sovrapponibile, ma con livelli di variabilità, nel tempo, maggiori.

In figura 62, è riportata una rappresentazione grafica del risultato. Per una maggiore chiarezza al grafico sono stati aggiunti degli inviluppi convessi che racchiudono i punti senza formare angoli concavi.

Le stazioni 1 e 2 si separano dalle stazioni 3 e 4 sull'asse principale, presentando sempre valori positivi e mostrano un grado di variabilità ridotto. I punti, infatti, sono tutti piuttosto raggruppati nello spazio. Le stazioni 3 e 4 si dispongono sull'asse principale su valori sempre negativi, ad eccezione della stazione 4 che nell'Aprile 2006, presenta valori positivi e uno zooplancton simile a quello delle stazioni 1 e 2.

L'Analisi delle Coordinate Principali è stata poi ripetuta utilizzando l'indice di dissimilarità di Bray Curtis, che dà indicazioni non solo sui taxa presenti, ma anche sulle biomasse relative di ciascun taxon (figura 63).

Questo tipo di ordinamento (varianze: asse 1 = 24,71 %, asse 2, 12,04%) ha mostrato che l'associazione tra le stazioni 1 e 2 da un lato, e tra le stazioni 3 e 4 dall'altro, è rimasta, ma la loro sovrapposizione è molto meno netta rispetto ordinamento precedente.

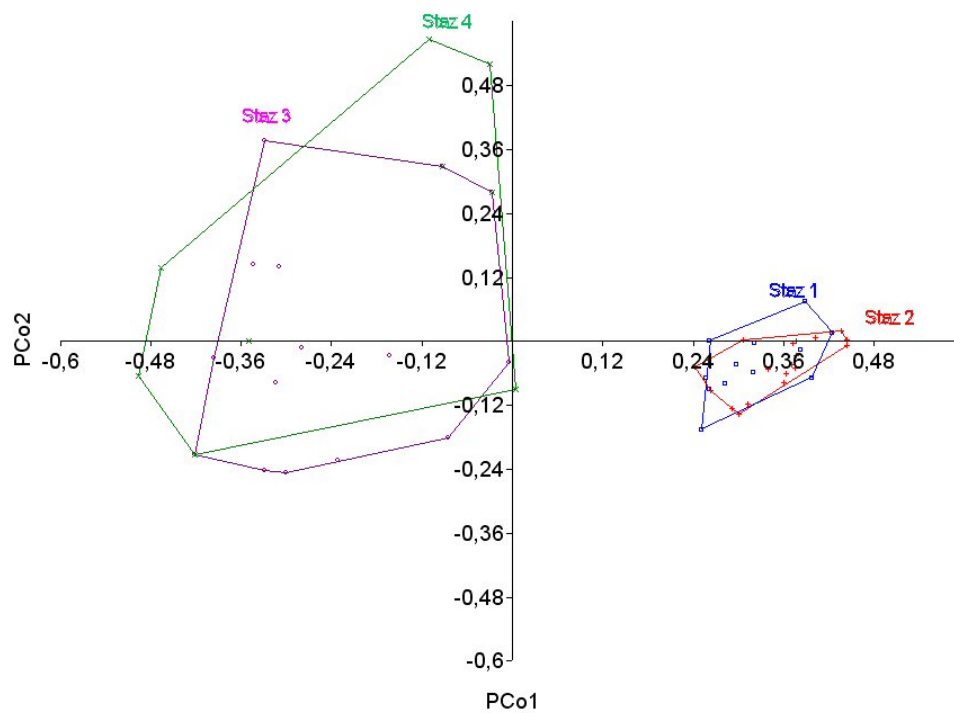


Figura 62. Analisi delle Coordinate Principali: dati ordinati in base all'indice di dissimilarità di Jaccard.

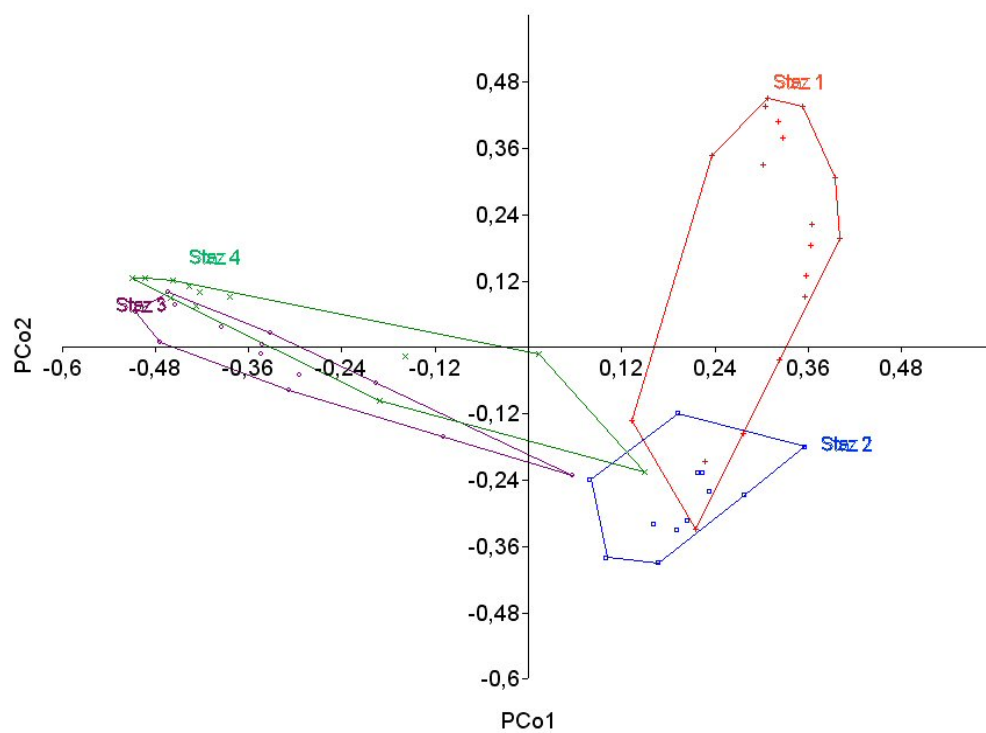


Figura 63. Analisi delle Coordinate Principali: dati ordinati in base all'indice di dissimilarità di Bray Curtis.

La stazione 1 ha avuto composizione in taxa, abbondanze e dinamiche simili a quelle della stazione 2 nei mesi invernali, da Dicembre 2006 a Febbraio 2007, e a Settembre 2007. Nella stazione 1 si ha una forte separazione dei punti lungo il secondo asse, mentre la stazione 2 è più omogenea e i punti sono più raggruppati, e questo indica una minore variabilità generale dello zooplancton nel tempo.

Le stazioni 3 e 4 si separano nettamente dalle stazioni 1 e 2 ad eccezione del mese di Aprile 2006 quando il popolamento zooplanctonico di entrambe era simile e i valori delle Coordinate vicini. Le due stazioni hanno mostrato variabilità più ampia lungo l'asse principale e più ridotta su quello secondario.

4.3.2 Analisi delle Corrispondenze e altri test statistici

Con l'Analisi delle Corrispondenze sono stati messi a confronto i taxa di ciascuna stazione con i mesi di campionamento e si è avuta un'indicazione di come lo zooplancton si è evoluto nel tempo. Per agevolare la lettura dei grafici, densi di punti, sono state sostituite le etichette dei taxa con sigle più brevi e la stessa cosa è stata effettuata per le date di campionamento, utilizzando le equivalenze riportate nelle tabelle 22 e 23.

ETICHETTE STAZIONI - MESI

S1 APR 06	a1	S2AGO07	b17
S1 MAG 06	a2	S2SET07	b18
S1 GIU 06	a3	S3APR06	c1
S1LUG06	a4	S3MAG06	c2
S1AGO06	a5	S3AGO06	c5
S1SET06	a6	S3SETT06	c6
S1OTT06	a7	S3OTT06	c7
S1NOV06	a8	S3NOV06	c8
S1DIC06	a9	S3DIC06	c9
S1GEN07	a10	S3GEN07	c10
S1FEB07	a11	S3FEB07	c11
S1MAR07	a12	S3MAR07	c12
S1APR07	a13	S3APR07	c13
S1MAG07	a14	S3MAG07	c14
S1GIU07	a15	S3AGO07	c17
S1LUG07	a16	S4APR06	d1
S1AGO07	a17	S4MAG06	d2
S1SET07	a18	S4AGO06	d5
S2OTT06	b7	S4SET06	d6
S2NOV06	b8	S4OTT06	d7
S2DIC06	b9	S4NO06	d8
S2GEN07	b10	S4DIC06	d9
S2FEB07	b11	S4GEN07	d10
S2MAR07	b12	S4FEB07	d11
S2APR07	b13	S4MAR07	d12
S2MAG07	b14	S4APR07	d13
S2GIU07	b15	S4MAG07	d14
S2LUG07	b16		

Tabella 22. Codici d'identificazione delle stazioni e dei mesi di campionamento.

ETICHETTE TAXA

<i>Mesochra pygmaea</i>	t1	Foraminiferi	t18
Naupli di Copepodi	t2	<i>Clytemnestra rostrata</i>	t19
<i>Tisbe</i> spp	t3	Ectinosomidae	t20
<i>Nitocra spinipes</i>	t4	<i>Diarthrodes</i> spp	t21
<i>Robertgurneya similis</i>	t5	<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	t22
<i>Harpacticus</i> spp	t6	<i>Euterpina acutifrons</i>	t23
<i>Cyclopina gracilis</i>	t7	<i>Longipedia coronata</i>	t24
Larve di Lamellibranchi	t8	Larve di Decapodi	t25
Larve di Policheti	t9	Tegastidae	t26
<i>Heterolaophonte</i>	t10	Copepodi parassiti	t27
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	t11	<i>Corycaeus</i> spp	t28
<i>Acartia clausi</i>	t12	<i>Oithona</i> spp	t29
<i>Canuella perplexa</i>	t13	Uova	t30
Arpacticoidi n.i.	t14	Sifonofori	t31
Ostracodi	t15		
Larve di Cirripedi	t16		
Larve di Gasteropodi	t17		

Tabella 23. Codici di identificazione dei taxa.

In un primo grafico è riportata la disposizione dei taxa sulle prime due Coordinate (figura 64) e mostra chiaramente che soltanto quattro taxa, *Mesochra pygmaea*, *Nitocra spinipes*, *Canuella perplexa* e i Foraminiferi, si separano dagli altri sul primo asse. Questi taxa sono, infatti, più abbondanti e frequenti nelle stazioni più distanti dalla “Foce di Ponente” e con salinità maggiori, in particolare i Copepodi Arpacticoidi *Mesochra* (t1), *Nitocra* (t4) e *Canuella perplexa* (t13).

Tutti gli altri taxa si separano, invece, lungo il secondo asse, e l’unica specie che si distanzia chiaramente dalle altre è il Rotifero *Brachionus plicatilis* (t33), presente solo in una stazione, in un solo mese di campionamento.

In un secondo grafico (figura 65) è mostrato, invece, come le stazioni con associati i mesi di campionamento, si posizionano nello spazio e indica chiaramente che le specie *Mesochra pygmaea*, *Canuella perplexa*, *Nitocra spinipes* sono associate alle stazioni 3 e 4; infatti, i punti taxa e i punti stazione nei due grafici sono sulla stessa posizione nel piano.

I Foraminiferi si collocano tra la stazione 2 e la 3, infatti, le abbondanze e le frequenze di questo gruppo sono state più alte proprio in queste stazioni, mentre tutto il resto del popolamento zooplanctonico, si colloca tra le stazioni 1 e 2.

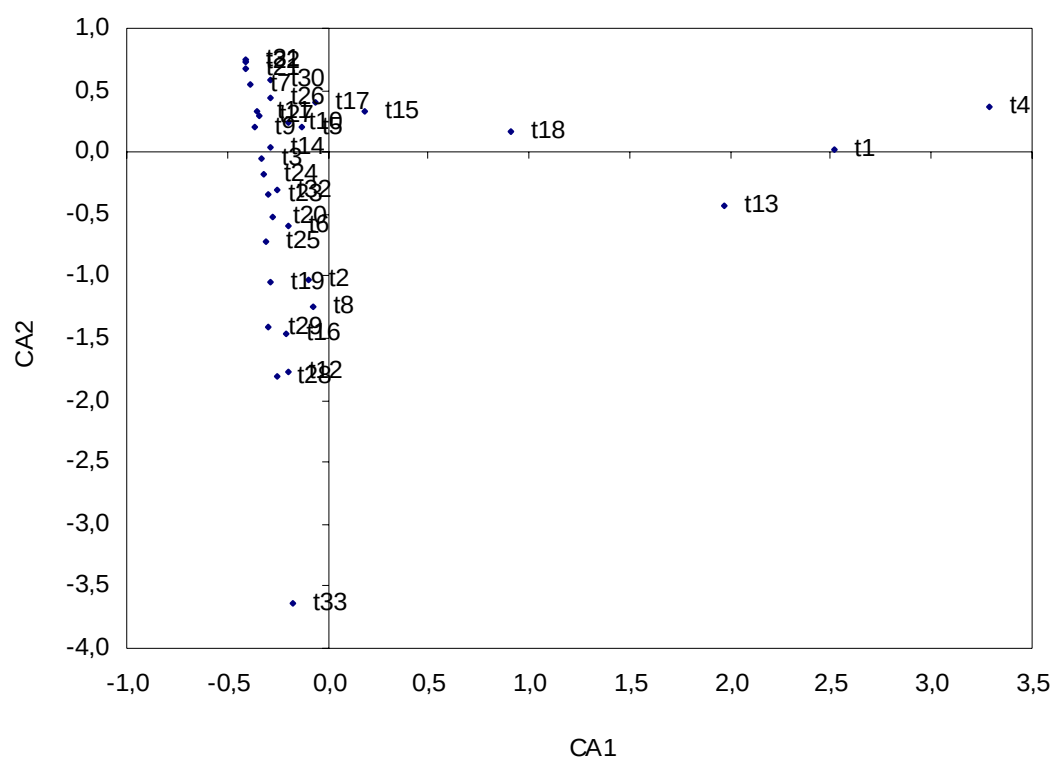


Figura 64. Analisi delle Corrispondenze, rappresentazione dei punti-taxon.

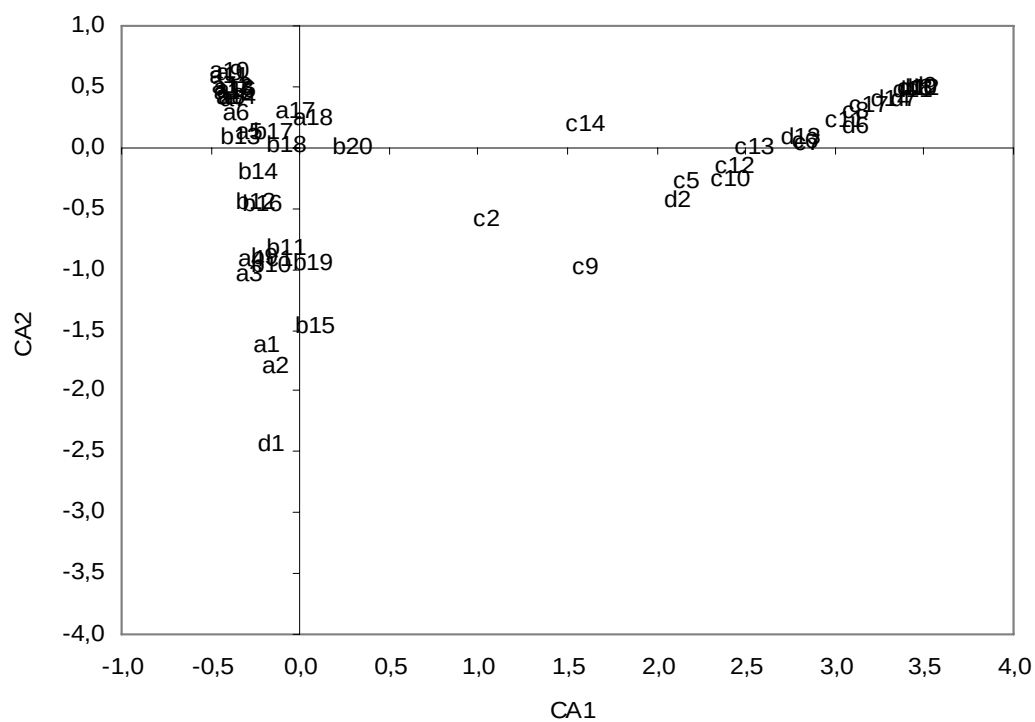


Figura 65. Analisi delle Corrispondenze, stazioni e mesi di campionamento.

Dal grafico emerge chiaramente che le stazioni 3 e 4 si separano dalle stazioni 1 e 2 sul primo asse, mentre queste ultime non mostrano un'evidente separazione lungo il secondo asse. La maggior parte dei punti, infatti, sono aggregati su valori positivi del secondo asse. Da notare, il punto d1, corrispondente al mese di Aprile 2006 per la stazione 4, separato nettamente rispetto agli altri sul secondo asse.

L'Analisi delle Corrispondenze ha confermato i risultati ottenuti con l'Analisi delle Coordinate Principali, e ha confermato che esiste una separazione all'interno delle Saline tra le stazioni 1 e 2 e le stazioni 3 e 4.

Con l'Analisi delle Corrispondenze è stato inoltre possibile confrontare il popolamento dello zooplankton nelle Saline nel 2006 (figura 66), con quello del 2007 (figura 67). Per quanto riguarda i taxa, si osservano differenze sostanziali tra il primo e il secondo anno solo per il posizionamento di *Canuella perplexa*. Guardando la sua collocazione nei 2 grafici, si nota che nel primo anno questa specie si separa molto più nettamente dalle altre sull'asse della coordinata principale, rispetto al secondo anno dove è più vicina agli altri taxa. Diversamente, le specie *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*, sia nel primo, sia nel secondo anno, restano separate sull'asse della coordinata principale.

Gli altri taxa nel 2006 si separano tutti sul secondo asse e restano chiaramente allineati sul primo asse.

Nel 2007 l'ordinamento è leggermente diverso e meno regolare. I taxa si separano leggermente anche sul secondo asse, mantenendo sostanzialmente inalterata la separazione sul primo asse. I Foraminiferi, non presenti nel 2006, restano in una posizione intermedia, essendo caratteristici di più stazioni, in particolare la 2 e la 3.

Altri taxa nel 2007 si separano sul secondo asse: tra questi i naupli di Copepodi, le larve di Lamellibranchi e gli Ostracodi, tutti questi, infatti, nel secondo anno di campionamento sono ritrovati anche in stazione 3.

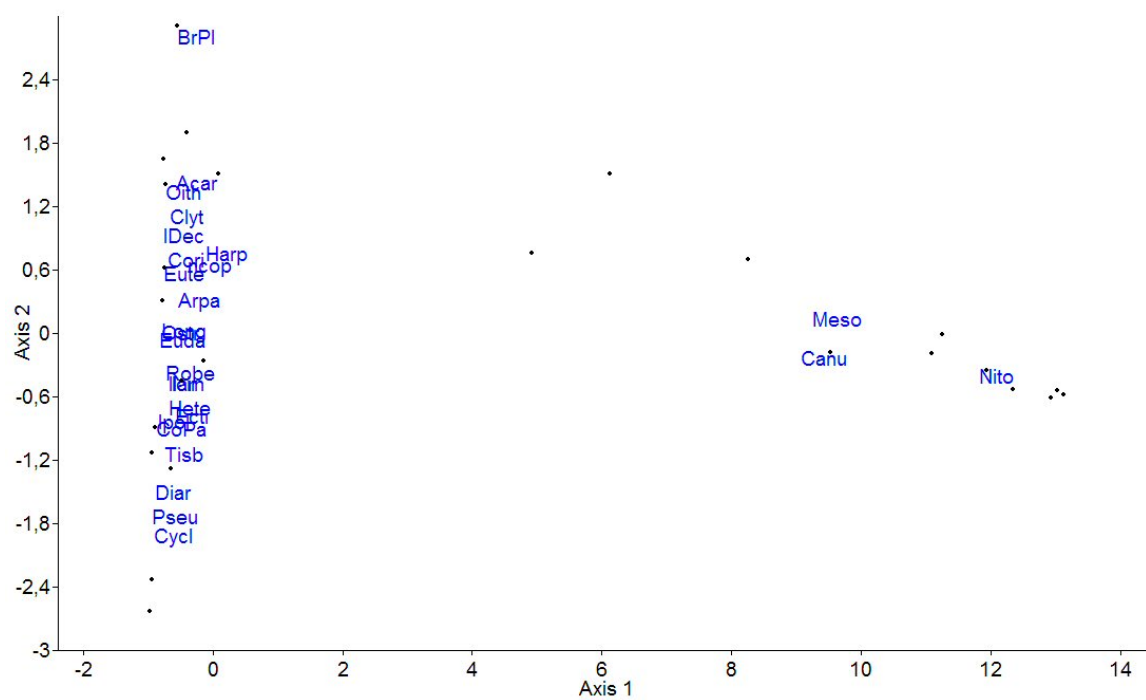


Figura 66. Analisi delle Corrispondenze, taxa nel 2006.

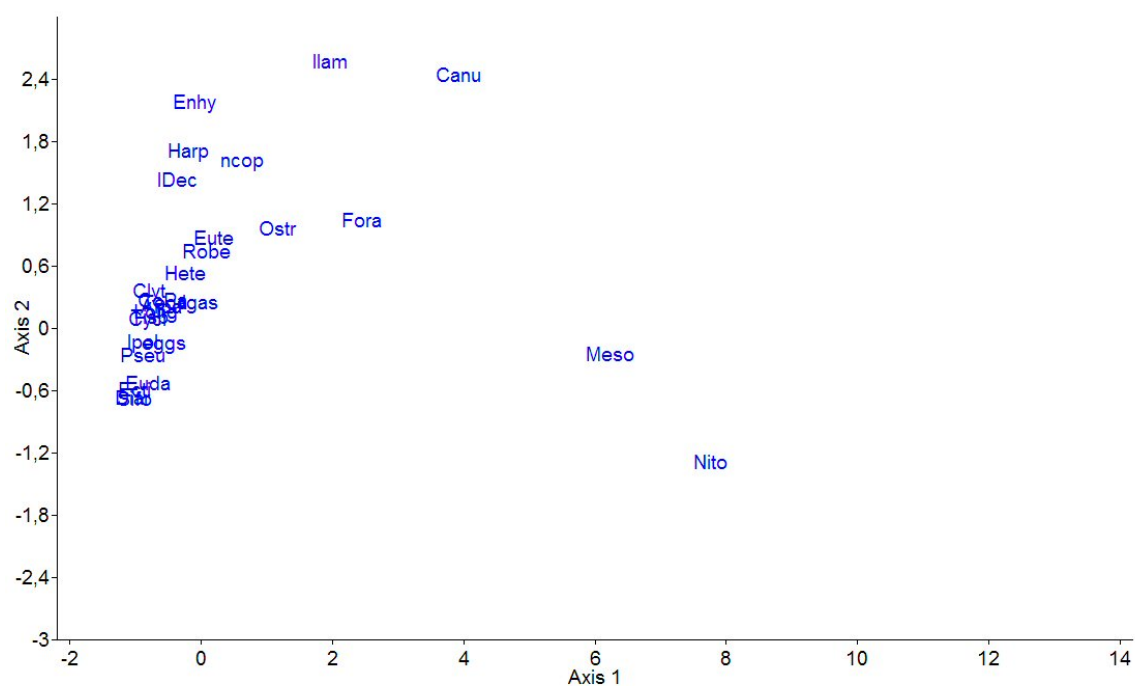


Figura 67. Analisi delle Corrispondenze, taxa nel 2007.

Al fine di verificare l'esistenza di eventuali differenze fra le serie storiche relative alle diverse stazioni di campionamento e al fine di testare l'indipendenza fra tali serie sono stati applicati due test statistici basati su permutazioni: rispettivamente, il Test ANOSIM e il Test di Mantel. Il Test ANOSIM è stato applicato sia su una matrice di distanza di Bray-Curtis, sia su una matrice di dissimilarità di Jaccard. Nel primo caso le distanze sono state calcolate da dati di biomassa zooplancotnica, mentre nel secondo caso, ovviamente, si è considerata la sola informazione binaria (presenza/assenza).

Il valore della statistica R è risultato significativamente diverso da zero ($p=0.0001$) in entrambi i casi: nel primo, per la matrice di distanza di Bray Curtis, con $R=0.6647$, nel secondo, per la matrice di dissimilarità di Jaccard, con $R=0.6533$. Questi risultati indicano come le differenze fra le serie storiche delle diverse stazioni siano, nel loro complesso, maggiori di quelle che si osservano fra i diversi momenti stagionali all'interno delle serie stesse, indipendentemente dal criterio quantitativo o qualitativo utilizzato per misurare la distanza o la dissimilarità.

Oltre alle differenze complessive fra tutte le stazioni, sono state valutate anche quelle a coppie, ovviamente applicando ai livelli di probabilità la correzione di Bonferroni per i confronti non indipendenti. Utilizzando sui valori di biomassa l'indice di Bray Curtis, l'unico confronto che corrisponde a una differenza non significativa fra le serie relative a due stazioni è quello che coinvolge le stazioni 3 e 4 ($p=0.069$). Utilizzando l'indice di Jaccard, risulta invece non significativa la sola differenza fra le serie delle stazioni 1 e 2 ($p=0.0984$). I valori di probabilità relativi ai confronti a coppie mediante ANOSIM sono riportati nelle tabelle 24 e 25, rispettivamente per l'indice di Bray-Curtis e per quello di Jaccard.

Bray Curtis	S1	S2	S3	S4
S1	0	0	0	0
S2	0	0	0	0
S3	0	0	0	0,0684
S4	0	0	0,0684	0

Tabella 24. Valori di probabilità per i confronti a coppie fra serie storiche di stazioni diverse, effettuati mediante ANOSIM su distanze di Bray Curtis (i valori sono stati modificati applicando la correzione di Bonferroni).

Jaccard	S1	S2	S3	S4
S1	0	0,0984	0	0
S2	0,0984	0	0	0
S3	0	0	0	0,0096
S4	0	0	0,0096	0

Tabella 24. Valori di probabilità per i confronti a coppie fra serie storiche di stazioni diverse, effettuati mediante ANOSIM su distanze di Jaccard (i valori sono stati modificati applicando la correzione di Bonferroni).

Con il test di Mantel, invece, è stata verificata l'ipotesi nulla d'indipendenza delle variazioni nel tempo del popolamento zooplanctonico nelle diverse stazioni, attraverso il confronto delle rispettive matrici di autodistanza o autodissimilarità.

Il test, utilizzando l'indice di distanza di Bray Curtis, ha rivelato che le serie relative alle stazioni 3 e 4 non sono indipendenti (e quindi mostrano un livello significativo di correlazione) con quella della stazione 1, e viceversa ($p=0.0028$ e $p=0.0316$, rispettivamente). Analogamente, le serie relative alle stazioni 3 e 4 non sono risultate indipendenti fra loro ($p=0.0158$).

Un risultato, ancora una volta analogo, si ottiene utilizzando l'indice di dissimilarità di Jaccard, che tiene conto solo di variazioni qualitative del popolamento zooplanctonico. Il test ha messo in risalto che la serie relativa alla stazione 1 non è indipendente da quelle delle stazioni 2, 3 e 4 (con $p=0.004$, $p=0.0012$ e $p=0.0074$, rispettivamente). Inoltre, non sono indipendenti fra loro, ancora una volta, le serie relative alle stazioni 3 e 4 ($p=0.0146$).

In sintesi, utilizzando entrambi gli indici si è potuto rilevare come la stazione 2 si distingua dalle altre tre per le variazioni temporali delle biomasse dello zooplancton e, mentre risulta diversa sia nel tipo di popolamento sia nelle variazioni temporali delle biomasse dalle stazioni 3 e 4, mostra invece un certo grado di somiglianza con la stazione 1, solo per quanto riguarda la variazione qualitativa del popolamento zooplanctonico nel tempo. Nelle tabelle 26 e 27 sono riportati i risultati del test di Mantel, evidenziando i valori per cui si rigetta l'ipotesi nulla d'indipendenza tra le stazioni per un livello di probabilità $p<0.05$.

Bray Curtis

R	s1	s2	s3	s4
s1	0	0,1574	0,4949	0,4096
s2	0,1574	0	-0,07195	0,117
s3	0,4949	-0,07195	0	0,5415
s4	0,4096	0,117	0,5415	0

p	s1	s2	s3	s4
s1	0	0,1246	0,0028	0,0316
s2	0,1246	0	0,6094	0,3006
s3	0,0028	0,6094	0	0,0158
s4	0,0316	0,3006	0,0158	0

Tabella 26. Risultati del test di Mantel eseguito su matrici di autodistanza di Bray Curtis.

Jaccard

R	s1	s2	s3	s4
s1	0	0,3963	0,4578	0,4644
s2	0,3963	0	-0,1426	-0,3244
s3	0,4578	-0,1426	0	0,5489
s4	0,4644	-0,3244	0,5489	0

p	s1	s2	s3	s4
s1	0	0,004	0,0012	0,0074
s2	0,004	0	0,7294	0,9366
s3	0,0012	0,7294	0	0,0146
s4	0,0074	0,9366	0,0146	0

Tabella 27 Risultati del test di Mantel eseguito su matrici di autodissimilarità di Jaccard.

4.4 Lo zooplancton delle altre stazioni di campionamento

Le tre stazioni oggetto di campionamenti occasionali o sporadici appartengono ai settori “Riserve” (Staz. 5) e “Partite Alte” (Staz. 6), mentre la stazione 7 coincide con la vasca in cui avvenivano la cristallizzazione e la raccolta del sale, quando le Saline erano ancora in funzione.

Le tre stazioni sono accomunate dal fatto di avere un ricambio d’acqua molto minore rispetto alle stazioni monitorate in continuo, di trovarsi in uno stato di confinamento maggiore e di essere più distanti, in termini idrodinamici, dal punto d’ingresso dell’acqua di mare nelle Saline.

Le stazioni 5 e 7 sono state campionate per verificare la presenza di *Artemia salina*, una specie che era frequente e abbondante in queste stazioni, quando le Saline erano ancora in funzione. La stazione 6, invece, è stata scelta, perché fa parte di un settore ancora completamente inesplorato per lo zooplancton prima di questo studio.

La stazione 5 è stata campionata 2 volte, nell’Aprile e nel Giugno del 2007. In entrambe le occasioni sono stati rinvenuti i naupli di Copepodi, che, in termini di densità, hanno rappresentato il gruppo predominante e hanno raggiunto nel mese di Giugno un valore di 4736 ind/m³. Gli unici Arpacticoidi presenti sono stati *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*, le stesse specie tipiche delle stazioni 3 e 4. *Nitocra spinipes* è stata presente con densità più alte in entrambe le occasioni, e nel mese di Giugno ha fatto registrare valori di 1744 ind/m³.

Nel mese d’Aprile era presente anche qualche nauplio di *Artemia salina*, (40 ind/m³) ed elevate quantità di cisti, probabilmente di *Artemia salina* o di *Fabrea salina*. Questo risultato indica che, al momento del campionamento, *Artemia* nella stazione c’era ancora, ma, evidentemente, non si erano create le condizioni ambientali adatte per la schiusa delle sue cisti.

La stazione 6 è stata campionata il 31 maggio 2007. La vasca, che ha una superficie piuttosto ridotta, si caratterizzava anche per una colonna d’acqua molto bassa, di appena 10 cm. L’acqua, campionata nell’ordine di 20 l con un becher graduato da 3 l, presentava, al momento del prelievo, molto materiale particolato in sospensione e aveva una salinità molto elevata (167 PSU).

Nella stazione è stato trovato solo il Protozoo Ciliato *Fabrea salina* Henneguy, presente con densità particolarmente elevate, di circa 170 ind/l.

La stazione 7 è stata campionata il 14 Maggio del 2007. Questa vasca, al momento della dismissione dell'impianto, è stata isolata dal punto di vista idrodinamico dal resto delle stazioni, infatti, sono stati interrotti i collegamenti con cui vi era conferita l'acqua dalle stazioni a monte idrodinamico. La colonna d'acqua, in questa stazione, si può alzare, quindi, solo per effetto delle precipitazioni atmosferiche, raggiungendo in primavera i valori più alti e abbassandosi d'estate a causa dell'evaporazione dell'acqua. Al momento del campionamento la salinità nella vasca era pari a 260 PSU e la colonna d'acqua era alta circa 40 cm.

In questa stazione è stato ancora trovato, a 10 di anni distanza dalla dismissione dell'impianto, l'Anostraco *Artemia salina*, con densità di 2165 ind/m³, di cui 1642 naupli, 341 maschi e 182 femmine. Delle cisti, presenti in quantità molto elevate, non è stata fatta una stima quantitativa.

In figura 68 sono indicate le specie caratteristiche delle stazioni 5,6,7.



Figura 68. Zooplancton caratteristico delle stazioni 5, 6, 7.

Il parametro ambientale che seleziona *Artemia salina* è senza dubbio la salinità, che in questa vasca è costantemente molto elevata e nettamente superiore a quella delle altre stazioni. In questa stazione, infatti, il sale presente, accumulatosi nel corso del tempo, può essere diluito solo con un apporto, peraltro scarso, delle precipitazioni atmosferiche. Anche in altri lavori, svolti sempre su Saline (Carpelan, 1957; Yúfera et al., 1984), è stato osservato che la salinità rappresenta il fattore discriminante per lo sviluppo di *Artemia salina*. È stato visto, infatti, che *Artemia* non si sviluppa dove sono presenti altri organismi zooplanctonici e prevale solo in acque che hanno salinità 4-5 volte superiori a quelle marine.

Nelle Saline di Tarquinia, *Artemia salina* era presente e relativamente abbondante in primavera, la sua densità si è ridotta drasticamente d'estate per scomparire alla fine di questa stagione, probabilmente per l'esaurimento delle fonti d'alimentazione. Non essendo stato compiuto un ciclo annuale, non è possibile dire altro sulle dinamiche di questo organismo, ma sembra probabile che i fattori che maggiormente influenzano lo sviluppo di *Artemia* in questa stazione siano la temperatura, l'altezza della colonna d'acqua e la disponibilità di cibo (fitoplancton).

4.5 Copepodi associati a *Ruppia cirrhosa*

I prelievi di *Ruppia cirrhosa*, pianta molto diffusa nei settori mesoalini delle Saline di Tarquinia (figura 69), sono stati compiuti al fine di determinare la composizione tassonomica del popolamento di Copepodi che vivono legati a questa pianta e di confrontarla con lo zooplancton campionato in colonna d'acqua.



Figura 69. Settori delle Saline con presenza di *Ruppia cirrhosa*.

L'interesse a determinare i Copepodi legati a *Ruppia cirrhosa* è dipeso dal fatto che, in occasione dei campionamenti dello zooplancton, è sovente capitato che il retino fosse fatto passare in porzioni di vasca limitrofe a zone occupate da *Ruppia*. Si è supposto, quindi, che alcuni degli organismi catturati in colonna d'acqua potessero essere gli stessi che vivono legati alla pianta o vi nuotano intorno.

Ruppia cirrhosa ha la prerogativa di formare grossi ammassi e di svilupparsi per l'intera altezza della colonna d'acqua, soprattutto nei periodi in cui quest'ultima è più bassa.

I campionamenti di *Ruppia cirrhosa* sono stati compiuti a Febbraio, Aprile e Giugno del 2007. È stata così determinata non solo la composizione tassonomica del popolamento di Copepodi associati alla macrofita, ma si è anche avuta un'idea della sua variazione nel tempo. Per analogia con il criterio seguito per la determinazione dello zooplancton, anche nella definizione della fauna vagile associata a *Ruppia cirrhosa* non sono stati inclusi Anfipodi, Anisopodi e Isopodi.

In tabella 28 è riportata la lista dei Copepodi associati a *Ruppia cirrhosa*. Si noti che i taxa ritrovati sono gli stessi trovati in colonna d'acqua.

Arpacticoidi	Ciclopoidi
<i>Diarthrodes</i> spp	<i>Cyclopina gracilis</i>
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	
<i>Heterolaophonte</i> spp	
<i>Harpacticus</i> spp	
<i>Robertgurneya similis</i>	
<i>Tisbe</i> spp	

Tabella 28. Copepodi associati a *Ruppia cirrhosa*.

Nelle tre stagioni, la specie più abbondante su *Ruppia cirrhosa* in termini percentuali è stata sempre *Robertgurneya similis*, con una tendenza, nel corso del tempo, a divenire predominante; in estate, infatti, costituiva il 79% della biomassa totale.

Altri taxa importanti in termini percentuali sono stati *Harpacticus* spp, *Tisbe* spp e *Cyclopina gracilis*.

Heterolaophonte spp è stato sempre presente, ma con abbondanze molto ridotte, mostrando un andamento simile a quello avuto in colonna d'acqua, e non ha mai raggiunto il 10% della biomassa totale degli organismi associati a *Ruppia cirrhosa*.

Nelle figure 70, 71, 72 è rappresentata l'evoluzione nel tempo della composizione percentuale dei Copepodi legati a *Ruppia cirrhosa*.

Febbraio 2007

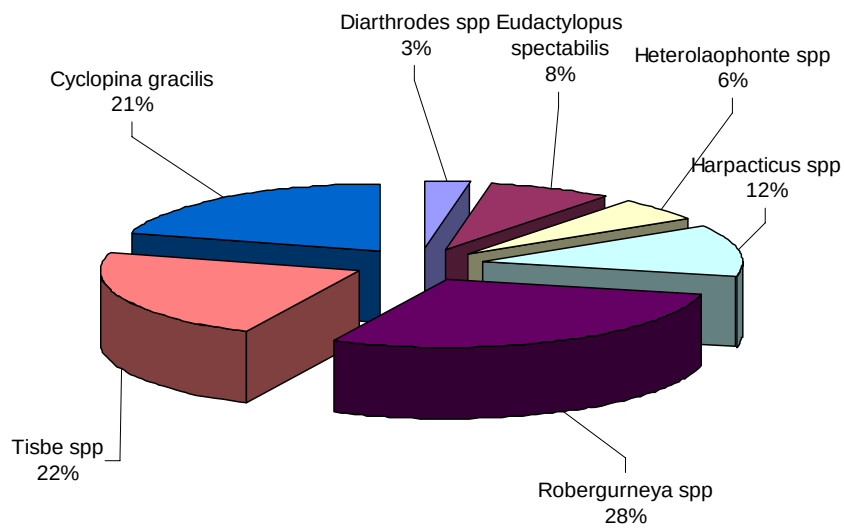


Figura 70. Copepodi associati a *Ruppia*, Febbraio 2007.

Aprile 2007

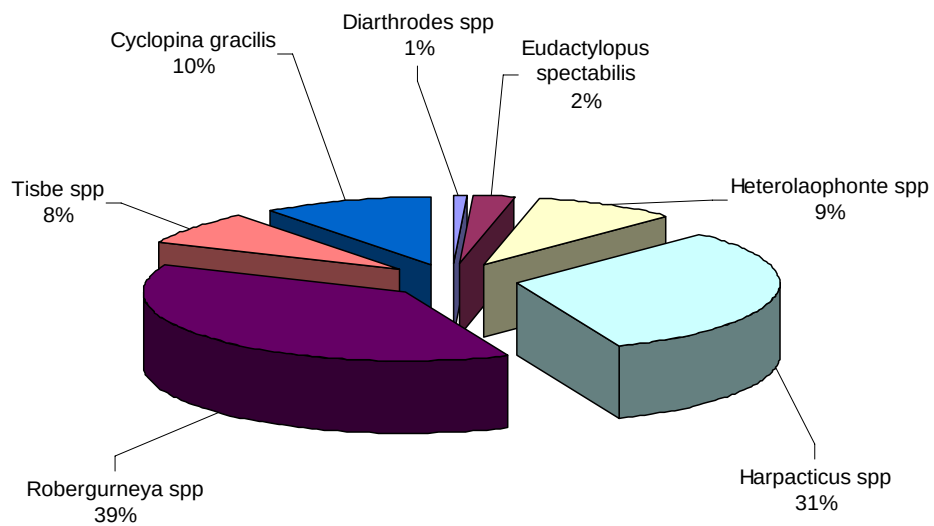


Figura 71. Copepodi associati a *Ruppia*, Aprile 2007.

Giugno 2007

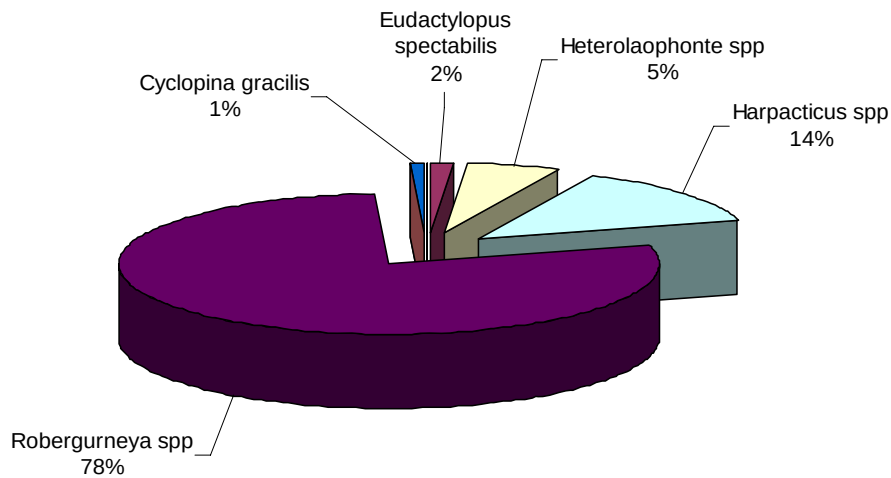


Figura 72. Copepodi associati a *Ruppia*, Giugno 2007.

Pochi studi sono stati compiuti sugli invertebrati associati alla macrofita *Ruppia* e nessuno di questi è specifico sui Copepodi. È stato, in ogni caso, osservato che in stagni ricchi di *Ruppia* spp. le densità dello zooplancton erano molto elevate (Conover, 1961) e che a una diminuzione della quantità di *Ruppia* seguiva una riduzione dello zooplancton (Jones, 1975). Questa pianta può avere, per alcuni invertebrati acquatici, una funzione di ancoraggio per le uova e ciò può essere vero anche nelle Saline di Tarquinia, dove la maggior parte dei Copepodi associati a *Ruppia* erano femmine con uova.

Assemblaggi di Copepodi simili a quelli di *Ruppia cirrhosa* nelle Saline di Tarquinia sono stati trovati anche su ciuffi dell'alga *Ascophyllum nodosum*, dove gli Arpacticoidi più frequenti appartengono ai generi *Harpacticus*, *Tisbe*, *Heterolaophonte*, *Diarthodes* e *Amphiascus* (Olafsson et al., 2001). Un popolamento di Copepodi Arpacticoidi simile è stato rinvenuto, in sistemi lagunari italiani, associato all'alga anche *Ulva rigida* (Villano & Warwick, 1995).

Il tipo di Copepodi legati può dipendere non solo dal tipo di pianta ospite, ma anche dalla natura e dalla quantità di alghe che crescono sulla macrofita. Il fitoplancton è la

fonte di alimento esclusiva per molti Copepodi, infatti, sono state trovate buone correlazioni tra la biomassa delle alghe e l'abbondanza di Copepodi Arpacticoidi (Jarvis & Seed, 1995), in particolare di *Mesochra* spp, *Tisbe* spp e *Harpacticus* spp (Webb, 1990).

I risultati dei prelievi di *Ruppia cirrhosa* rendono evidente che nelle vasche delle Saline di Tarquinia non esiste una differenza tra il popolamento zooplanctonico e quello associato alla vegetazione; colonna d'acqua e piante acquatiche sono due comparti utilizzati indifferentemente soprattutto dai Copepodi Arpacticoidi.

4.6 Confronto tra lo zooplancton delle Saline di Tarquinia e di altre Saline del Mediterraneo

Un altro obiettivo di questo studio era di mettere a confronto il popolamento zooplanctonico di diverse Saline del Mediterraneo. A tale scopo lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è stato raffrontato con quello delle Saline di Margherita di Savoia, in Italia, e con quello delle Saline di Sfax in Tunisia.

Per quanto riguarda le Saline di Margherita di Savoia, non essendo in questo ambiente mai stati, fino ad ora, effettuati prelievi di zooplancton, nel Luglio del 2007 è stato appositamente compiuto un campionamento in 5 stazioni a salinità crescente (seguendo il gradiente salino, com'era stato fatto per le Saline di Tarquinia) ed è stata determinata la composizione specifica.

Lo zooplancton delle Saline di Sfax in Tunisia è stato studiato e caratterizzato di recente e per la lista di specie si è potuto attingere direttamente dalla fonte bibliografica (Toumi et al., 2005).

Le figure 73 e 74 riportano le panoramiche da satellite delle Saline di Margherita di Savoia e lo schema delle Saline di Sfax. Nelle figure sono anche indicate le stazioni di campionamento.

Nelle Saline di Tarquinia e di Margherita di Savoia lo zooplancton è stato campionato con la stessa tecnica descritta nei materiali e metodi di questo lavoro, mentre, nelle Saline di Sfax, i campionamenti sono stati effettuati dagli autori prelevando un determinato volume di acqua con bottiglie Van Dorn e filtrandola con retini di maglia di 70 μm .

In tabella 29 è riportata la composizione zooplanctonica osservata nelle 3 Saline. Il confronto tra i tre sistemi è solo sulle specie presenti e non sulle loro biomasse o densità. Per le Saline di Tarquinia, i taxa indicati sono quelli presenti nel Luglio 2007. La composizione dello zooplancton delle tre Saline è piuttosto diversa: comuni a tutte e tre le Saline sono soltanto il Copepode Calanoide *Acartia clausi*, gli Arpacticoidi *Harpacticus* spp e *Tisbe* spp, e il Protozoo Ciliato *Fabrea salina*, mentre più simile è il meroplancton delle tre Saline.

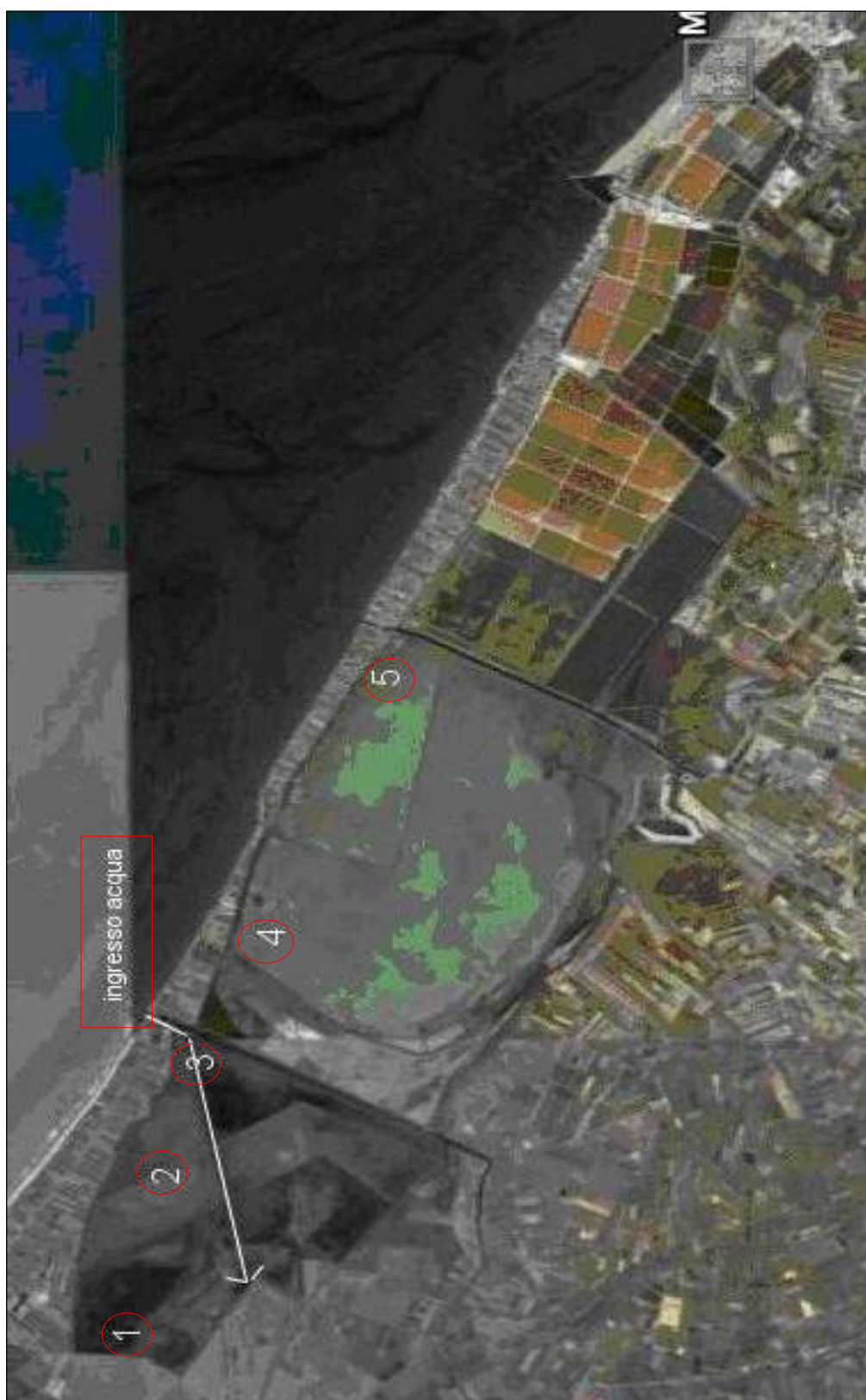


Figura 74. Saline di Margherita di Savoia, con indicazione delle stazioni di campionamento, in ordine di distanza dal punto d'ingresso delle acque di mare e d'incremento del gradiente salino.

Oloplancton

Taxa	Tarquinia	M. Savoia	Sfax
<u>Copepodi</u>			
Naupli	+	+	+
<u>Calanoidi</u>			
<i>Acartia clausi</i>	+	+	+
<i>Acartia</i> spp	-	+	+
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>	(+)	-	-
<u>Ciclopoidi</u>			
<i>Cyclopina gracilis</i>	+	+	-
<i>Oithona</i> spp	-	+	+
Ciclopoidi n.i.	-	+	?
<u>Arpacticoidi</u>			
<i>Canuella perplexa</i>	+	+	-
<i>Bryocamptus</i> sp	-	-	+
<i>Clytemnestra rostrata</i>	(+)	-	-
<i>Diarthrodes</i> spp	(+)	-	-
<i>Enhidrosoma propinquum</i>	(+)	-	-
<i>Eudactylopus spectabilis</i>	+	-	-
<i>Euterpina acutifrons</i>	-	+	-
<i>Harpacticus</i> spp	+	+	+
<i>Heterolaophonte</i> spp	+	-	-
<i>Longipedia coronata</i>	-	-	-
<i>Mesochra pygmaea</i>	+	-	+
<i>Microsetella</i> sp	-	-	+
<i>Nitocra spinipes</i>	+	-	-
<i>Robertgurneya similis</i>	+	+	-
<i>Tisbe</i> spp	+	+	+
Ectinosomidae n.i.	-	+	-
Tegastidae n.i.	(+)	-	-
Ameiridae n.i.	+	+	-
Laophontidae n.i.	-	+	-
Miraciidae n.i.	+	+	-
Thalestridae n.i.	-	+	-
Canthocamptidae n.i.	-	+	-
<u>Poecilostomatoidi</u>			
<i>Corycaeus</i> spp	(+)	-	-
<i>Oncaea</i> spp	-	+	-
<u>Anostraci</u>			
<i>Artemia salina</i>	-	-	+
<u>Ostracodi</u>			
Specie non identificate	+	+	-
<u>Cnidari</u>			
Sifonofori non indentif.	(+)	-	-
<u>Protozoi</u>			
<i>Fabrea salina</i>	+	+	+

Foraminiferi	+	+	-
<u>Rotiferi</u>			
<i>Brachionus</i> sp	(+)	-	+

Meroplancton

Taxa	Tarquini	M. Savoia	Sfax
Larve di Decapodi	(+)	+	+
Larve di Gasteropodi	+	+	+
Larve di Policheti	+	+	+
Larve di Lamellibranchi	+	+	+
Larve di Cirripedi	+	-	+
Uova	(+)	-	-

Tabella 29. Confronto tra la composizione in specie delle tre Saline.

Nelle Saline di Margherita di Savoia, sono state prese in esame solo stazioni con salinità non superiori a 80 PSU e qui *Artemia salina* non è stata trovata. È presumibile che nelle vasche con salinità più elevata la specie sia presente.

Le Saline di Margherita di Savoia, nelle stazioni prossime al punto d'ingresso dell'acqua di mare, hanno uno zooplancton più vario rispetto a quelle di Tarquinia, in virtù di una maggiore altezza della colonna d'acqua e di un maggiore volume d'acqua pompato giornalmente nelle Saline. *Cyclopina gracilis* è stata trovata in abbondanza anche nelle Saline di Margherita di Savoia, ma è presente con densità elevate in stazioni più confinate rispetto a quelle in cui aveva le abbondanze maggiori nelle Saline di Tarquinia. In tabella 30 sono riportati i risultati del campionamento eseguito nelle Saline di Margherita di Savoia.

Saline di Margherita di Savoia	stazione 1	stazione 2	stazione 3	stazione 4	stazione 5
TAXON	38PSU	44PSU	50PSU	58PSU	74PSU
<i>Artemia salina</i>					
<i>Fabrea salina</i>				X	XXX
<i>Canuella perplexa</i>	X				
<i>Clytemnestra</i> spp					
<i>Diarthrodes</i> spp					
<i>Enhidrosoma</i> spp	X				
<i>Eudactylopus spectabilis</i>					
<i>Euterpina acutifrons</i>	X	X			X
Arpacticoidi non ident.	X	X			
Ectinosomidae		X			
Laophontidae	X	X			
Tegastidae					
<i>Harpacticus</i> spp	X	X			
<i>Longipedia coronata</i>					
<i>Mesochra</i> spp					
<i>Nitocra</i> spp					
<i>Robertgurneya</i> spp					
<i>Tisbe</i> spp	X	X			
<i>Cyclopina gracilis</i>	X	X	XXX	X	
<i>Oithona</i> spp	XXX*	X			
<i>Acartia</i> spp	X				
<i>Pseudocyclops umbraticus</i>					
<i>Corycaeus</i> spp					
Copepodi parassiti					
Foraminiferi	X	X		X	X
Ostracodi			X		
Rotiferi					
Sifonofori					
Larve di Cirripedi					
Larve di Decapodi	X				
Larve di Gasteropodi	X				
Larve di Lamellibranchi	X	XXX	XX	X	
Larve di Policheti	X				
Naupli di Copepodi/ spp juv	X	XX**	XX	X	X
Uova					

Fam. Canthocamptidae				X	X
Fam. Miraciidae	X	X	X		
Fam. Thalestridae	X				
Ciclopoide non ident.				X	
<i>Oncaea</i> spp	X	X			

*specie dominante

**specie subdominante

Tabella 30. Composizione in specie e abbondanze relative dello zooplancton delle Saline di Margherita di Savoia (Luglio 2007).

5 Conclusioni

Questo lavoro nasce con la finalità principale di caratterizzare lo zooplancton delle Saline di Tarquinia e di studiarne le dinamiche spaziali e temporali in alcune stazioni di monitoraggio, ripercorrendo ciò che per il progetto Life, conclusosi nel 2005, era stato effettuato sulle componenti macrozoobentoniche e sulla biomassa fitoplanctonica.

Le Saline di Tarquinia, come altri ambienti simili, si caratterizzano per essere costituite da corpi idrici poco profondi in cui un'elevata quantità di sostanza organica raggiunge il fondo e in cui, al tempo stesso, si ha una continua risospensione del materiale sedimentato, causata del vento e tale da mantenere una struttura della colonna d'acqua in cui si perde la classica distinzione tra benthos e plancton. Spesso, in questo tipo d'ambienti, non si riesce ad avere una suddivisione chiara tra organismi zooplanctonici, legati alla vegetazione e bentonici, poiché i campioni d'acqua possono includere materiale del fondo o alghe e altro materiale vegetale. Questa è una caratteristica comune anche ad altre Saline e in genere ad acque poco profonde; ad esempio, durante i campionamenti di zooplancton effettuati nelle Saline della Baia di Cadice, è stata raccolta un'elevata quantità di materiale particolato e di detrito (Yufera, 1985).

Lo sviluppo di una tecnica di campionamento dello zooplancton, idonea per questo tipo di ambiente, è stato senza dubbio il punto cruciale di questo lavoro. Le prime prove, effettuate con piccoli retini a bocca circolare, si sono dimostrate poco efficaci, sia per la scarsità del materiale planctonico raccolto, sia perché i campioni non permettevano di rappresentare la reale distribuzione dello zooplancton in vasca. Lo sviluppo di una struttura di grosse dimensioni con cui, attraverso retinate orizzontali in vasca, si sono potute filtrare elevati volumi di acqua (oltre 4 m³), ha permesso, nelle Saline di Tarquinia, di effettuare dei campionamenti efficaci e veramente rappresentativi non solo di tutto il popolamento zooplanctonico, ma anche delle densità e delle biomasse dei singoli taxa. Questa tecnica di campionamento dello zooplancton potrà in futuro essere utilizzata, non solo nelle Saline di Tarquinia e in altre Saline, ma potrà essere efficace in genere, in ambienti lagunari, piccoli stagni, paludi o pozze d'acqua con ridotta altezza della colonna d'acqua. Inoltre, la scelta di campionare con un retino con maglia più fine (80 µm), rispetto che con uno a maglia più larga (200 µm), ha permesso di trattenere e

quindi di stimare le abbondanze anche di quelle forme zooplanctoniche di taglia minore, che soprattutto in alcuni momenti sono state molto abbondanti.

Nelle Saline di Tarquinia, tutte le vasche dei settori “Sterro” e “Piscine” presentano diffuse e abbondanti formazioni a *Ruppia cirrhosa*. Questa pianta acquatica è molto comune in ambienti lagunari salmastri, in lagune costiere e anche in altre Saline, come quelle di Comacchio, e ha la prerogativa di tollerare valori di salinità elevati, anche superiori a quelli marini (Hammer & Heseltine, 1988). Tutte le vasche delle Saline di Tarquinia hanno un fondale fangoso-sabbioso soffice e ricco di detrito. Nelle stazioni a salinità maggiore nel sedimento si vengono spesso a creare condizioni anossiche.

Nelle Saline di Tarquinia lo zooplancton è stato più abbondante e ha avuto il maggior numero di taxa nelle porzioni più vicine al punto d'ingresso delle acque di mare, dove la salinità è minore e i valori sono simili quelli marini.

Il numero di taxa e l'abbondanza dello zooplancton diminuiscono all'aumentare della salinità. Questo effetto della salinità sullo zooplancton è stato riscontrato anche in altri ambienti lagunari, dove, con salinità superiori a 40 PSU, è stato osservato un generale decremento d'abbondanza e del numero di taxa zooplanctonici (Hedgepeth, 1967; Cornelius, 1984).

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è composto principalmente da Copepodi, mentre le forme meroplanctoniche più abbondanti sono le larve di Lamellibranchi, seguite dalle larve di Policheti.

Le Saline si caratterizzano per la totale assenza di Cladoceri, per la scarsità di Rotiferi, mentre *Fabrea salina* e *Artemia salina*, specie alofile, sono state rinvenute quasi esclusivamente in vasche con salinità superiori a 130 PSU e molto sporadicamente con salinità inferiori.

Nei primi mesi di campionamento (da Marzo a Giugno 2006), lo zooplancton delle Saline era presentava densità elevate di *Acartia clausi*, un tipico Copepode Calanoide marino. In quei mesi, grazie alle abbondanti piogge dei periodi precedenti e a un ingresso maggiore d'acqua di mare nelle Saline, le vasche avevano una colonna d'acqua più alta e salinità più bassa, condizioni favorevoli allo sviluppo di un popolamento zooplanctonico simile a quello degli ambienti marini costieri limitrofi.

In seguito, con la riduzione volume d'acqua di mare in ingresso nelle Saline e complice un periodo con scarsissime precipitazioni, il popolamento dello zooplancton nelle Saline è cambiato. I Copepodi tipici dello zooplancton marino costiero si sono ridotti in numero e abbondanza per poi scomparire del quasi del tutto e, in contemporanea, si è

avuto un incremento delle abbondanze e del numero di Copepodi Arpacticoidi e del Ciclopode *Cyclopina gracilis*. Nelle Saline, il riscontro di numerose specie di Copepodi Arpacticoidi in colonna d'acqua è stato favorito dalla presenza di piante acquatiche e macroalghe, su cui questi taxa vivono preferenzialmente; le piante acquatiche, come le macroalghe, hanno, infatti, la funzione di punto di ancoraggio per questi organismi e agevolano la loro dispersione in acqua.

Il numero elevato di diversi Copepodi Arpacticoidi in ambienti con abbondante vegetazione acquatica è stato già osservato in diversi tipi d'ambienti, (Hicks, 1980; Ceccherelli & Ferrari, 1982; Hicks, 1985; Bell et al., 1987; Arunachalam & Balakrishnan, 1988; Arroyo et al., 2006).

Tra gli Arpacticoidi, i taxa più frequenti ritrovati, appartengono alle famiglie Tisbidae, Harpacticidae e Thalestridae, e questo conferma risultati di altri ambienti simili (Hicks, 1980). Questi organismi sono molto mobili, hanno veloci tempi di riproduzione, si alimentano su di un'elevata quantità di substrati e molti di questi hanno sviluppato degli adattamenti morfologici che permettono loro di vivere legati alle piante (Hicks & Coull, 1983). In questo tipo di ambienti, spesso, sono trovate associate in colonna d'acqua o sulla vegetazione, più specie di uno stesso genere; ciò avviene più di frequente nei generi *Harpacticus*, *Tisbe*, *Mesochra* e in vari generi della famiglia Miracidae (ex Diosaccidae). Diverse specie di uno stesso genere riescono a coesistere nello spazio e nel tempo e non entrano in competizione per le fonti di cibo, grazie alla loro capacità di muoversi in colonna d'acqua e di utilizzare diversi tipi di substrato e fonti d'alimento (Pace & Carman, 1996). Lo stesso sembra avvenire nelle Saline di Tarquinia, dove *Tisbe* e *Harpacticus* sono presenti con assemblaggi di più specie. Le capacità natatorie dei Copepodi Arpacticoidi, soprattutto di quelli più legati alla vegetazione acquatica, sono molto elevate (Hicks, 1988; Palmer, 1988). Questo spiega che nelle Saline di Tarquinia di frequente gli Arpacticoidi siano presenti in gran numero in colonna d'acqua. I movimenti che gli Arpacticoidi preferenzialmente compiono sono dal fondo in risalita verso la vegetazione sommersa e la colonna d'acqua e da qui verso gli altri comparti.

I Copepodi Arpacticoidi tollerano ampi intervalli di temperatura, sono, infatti, presenti, anche se con abbondanze più ridotte, nelle acque delle Saline anche d'inverno, quando queste presentano temperature molto basse. *Harpacticus* spp. mostra elevata tolleranza a basse temperature dell'acqua anche in altri tipi di ambienti (Eslake et al., 1991).

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è ricco di Copepodi Arpacticoidi soprattutto nelle vasche di prima evaporazione, quindi nei settori “Sterro” e “Piscine”. I taxa ritrovati appartengono a famiglie che formano assemblaggi tipici in ambienti caratterizzati da acque ferme e ricche di vegetazione, salinità moderatamente elevata e colonna d’acqua bassa. Ad esempio, Arpacticoidi presenti nelle Saline di Tarquinia e appartenenti alle famiglie Miracidae, Harpacticidae e Laophontidae, Ameiridae, Thalestridae e Tegastidae, sono stati trovati in acque di mare riparate dal moto ondoso, associati alla macrofita acquatica *Halophila ovalis* (Arunachalam & Balakrishnan, 1988).

Uno zooplancton simile a quello delle prime stazioni delle Saline di Tarquinia è stato trovato in acque di mare con forte sviluppo dell’alga *Chondrus crispus* (Steinarsdóttir et al., 2003).

È stato dimostrato che le macrofite sommerse e le macroalghe sono importanti per la dispersione in colonna d’acqua dei Copepodi Ciclopoidi e Arpacticoidi, e questo si è verificato soprattutto in sistemi lagunari poco profondi (Walters, 1991; Walters & Bell, 1994). Si spiegano così le abbondanze di Copepodi Arpacticoidi e Ciclopoidi in colonna d’acqua nelle stazioni 1 e 2, e in certi mesi anche nella stazione 3, soprattutto nei periodi di sviluppo della *Ruppia* e delle macroalghe *Ulva* ed *Enteromorpha*.

Nelle stazioni a maggior salinità delle Saline di Tarquinia, lo zooplancton è molto più scarso e prevalgono poche specie eurialine, in particolare i Copepodi Arpacticoidi *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes*. È presente in colonna d’acqua anche *Canuella perplexa*, ma con densità più basse.

Le specie *Mesochra pygmaea* e *Nitocra spinipes* coesistono in stagni salmastri poco profondi, con abbondante detrito in sospensione e un sedimento costituito da sabbia fine, che ricopre, come nelle vasche 3 e 4 delle Saline di Tarquinia, del sedimento nero riducente (Heip, 1971). Questi due Copepodi Arpacticoidi appartengono, dal punto di vista ecologico, all’epibenthos e dal punto di vista alimentare, soprattutto *Nitocra spinipes*, è detritivora, mentre *Mesochra pygmaea* è prevalentemente erbivora. In ogni caso entrambi sono dei buoni nuotatori, capaci quindi di compiere migrazioni verticali in colonna d’acqua dove permangono anche a lungo prima di ritornare sul fondo.

Il meroplancton delle Saline di Tarquinia è costituito in larga parte da larve di Lamellibranchi, molto probabilmente della specie *Cerastoderma glaucum*, diffusissima in tutte le vasche delle Saline di Tarquinia. Abbastanza frequenti sono anche le larve di Policheti, più abbondanti nei mesi autunnali e limitatamente alle stazioni mesoaline. Il

mero plancton, nelle stazioni mesoaline delle Saline di Tarquinia, è simile a quello di altri sistemi lagunari (Lam-Hoai et al., 1985; Sei et al., 1996; Lam-Hoai & Rougier, 2001).

Alcuni degli organismi zooplanctonici presenti nelle Saline di Tarquinia hanno un ruolo importante anche nelle reti trofiche. *Mesochra pygmaea*, ad esempio, è spesso la fonte principale di cibo per il Ciprinodonte eurialino *Aphanius iberus* (Alcaraz & Garcia-Berthou, 2006). Considerando che *Aphanius fasciatus* è l'unico pesce presente nelle stazioni a maggior salinità delle Saline di Tarquinia, si suppone che nelle stazioni 3 e 4 si sia sviluppata una catena del detrito in cui i Copepodi Arpacticoidi sono l'anello di congiunzione tra la base, costituita da batteri, detrito e alghe e il vertice, costituito da *Aphanius fasciatus*. Esperimenti mirati, in futuro, potranno confermare o confutare quest'ipotesi.

Le analisi statistiche dei dati hanno messo in risalto una generale variabilità nelle serie temporali che descrivono la composizione in specie e le biomasse dello zooplancton nelle Saline di Tarquinia, e non è stato possibile osservare andamenti che suggeriscano una dinamica stagionale chiaramente identificabile in nessuna delle stazioni esaminate. Nelle Saline, alcune specie sono state rinvenute per brevi periodi, altre hanno mostrato una presenza continua con variazioni irregolari delle abbondanze, ad esempio *Eudactylopus spectabilis*, *Robertgurneya similis* e *Cyclopina gracilis* in stazione 1, o *Mesochra pygmaea* in stazione 3. I fattori che influenzano le dinamiche dello zooplancton in ambienti confinati sono molti, tra i più importanti, oltre alla salinità, di cui si è già discusso, si possono indicare la temperatura, la disponibilità di cibo, l'effetto della predazione e della competizione, la torbidità e l'altezza della colonna d'acqua.

Le stazioni 1 e 2 hanno un popolamento zooplanctonico simile, ma le variazioni nel tempo delle biomasse dei singoli taxa e i momenti in cui questi raggiungono i valori massimi e i minimi sono diversi.

Generalmente la stazione 2 ha un tipo di popolamento zooplanctonico simile a quello della stazione 1, ma più ridotto nelle abbondanze dei singoli taxa. La riduzione delle abbondanze in questa stazione può essere causata dalle diverse condizioni ambientali e di microhabitat. È probabile che in stazione 2 ci sia una minore disponibilità di nutrienti e d'alimento per lo zooplancton, e che i valori medi di salinità leggermente più alti siano una causa della riduzione del numero di taxa.

Le stazioni 3 e 4, in maniera analoga, hanno una struttura dello zooplancton simile e molto semplificata rispetto a quella delle stazioni a monte. In questo caso l'effetto della

salinità sulla riduzione del numero di taxa zooplanctonici è evidente. Superata, infatti, una salinità di 45 PSU, la maggior parte dei Copepodi e delle forme larvali planctoniche scompare, e sopravvivono, peraltro con densità piuttosto ridotte, soltanto le forme più eurialine. Lo zooplancton della stazione 4 è ancora più scarso di quello della stazione 3 e quest'ulteriore riduzione è attribuibile a un nuovo incremento della salinità in questa stazione.

L'analisi statistica dei dati ha reso evidente che lo zooplancton nelle stazioni 1, 3 e 4 è variato nel tempo con andamenti simili, malgrado che nella stazione 1 ci fossero condizioni chimico-fisiche e una composizione in specie dello zooplancton completamente diversa rispetto a quelle delle altre due stazioni.

In stazione 2, invece, lo zooplancton varia nel tempo con andamenti significativamente diversi da quelli delle altre vasche. È questa, infatti, l'unica stazione in cui il picco di abbondanza dello zooplancton è registrato in autunno, mentre per le stazioni 1, 3 e 4 lo stesso si osserva nel periodo primaverile.

Nelle Saline di Tarquinia alle formazioni di *Ruppia cirrhosa* sono associate elevate densità del Copepode Ciclopoide *Cyclopina gracilis* e di Arpacticoidi; gli stessi taxa si ritrovano anche in colonna d'acqua. Lo zooplancton e la fauna legata alla vegetazione acquatica, infatti, sono tra loro in stretta interconnessione e i taxa si spostano indifferentemente dall'uno all'altro comparto. La fauna vagile trovata su *Ruppia* comprende anche Crostacei Isopodi e Anfipodi, ma si presenta principalmente costituita da Copepodi. Il popolamento della fauna vagile di Copepodi associata a *Ruppia cirrhosa* è simile a quello delle macrofite e delle macroalghe filamentose in ambienti marini costieri, lagunari e paludosi con colonna d'acqua ridotta (Heip, 1973; Lewis & Hollingworth 1982; Jarvis & Seed, 1996; Steinarsdóttir et al., 2003; Shimode & Shrayama, 2004; Arroyo et al., 2006; Shimode & Shrayama, 2006).

Nelle Saline di Tarquinia le specie alofile *Artemia salina* e *Fabrea salina* sono state ritrovate soltanto in stazioni caratterizzate da valori di salinità superiori a 130 PSU. Queste salinità sono troppo alte anche per gli organismi zooplanctonici più eurialini, come *Nitocra spinipes* e *Mesochra pygmaea*, che sono stati rinvenuti con salinità fino a 100-110 PSU. Le condizioni iperaline, invece, favoriscono la schiusa delle cisti di *Artemia salina* e di *Fabrea salina*, che in condizioni di salinità più bassa, non trovano le condizioni adatte per svilupparsi. Nella caratterizzazione ecologica dello zooplancton delle Saline di Tarquinia, un altro aspetto interessante è che *Artemia salina* e *Fabrea*

salina non sono mai state trovate insieme nella stessa stazione. *Fabrea salina* è stata ritrovata a salinità inferiori a 200 PSU, *Artemia salina*, solo a salinità superiori.

Un altro obiettivo del presente lavoro era di mettere a confronto la composizione tassonomica dello zooplancton delle Saline di Tarquinia con quella di altri ambienti simili. A questo fine sono state scelte le Saline di Margherita di Savoia, presso le quali è stato compiuto un campionamento occasionale nel corso del 2007, e le Saline di Sfax, sulle quali esistono dati bibliografici (Toumi et al., 2005). Tutte e tre le Saline hanno uno zooplancton costituito in prevalenza da Copepodi e da forme meroplanctoniche. Alcuni Arpacticoidi, come *Tisbe* spp e *Harpacticus* spp e il Calanoide *Acartia clausi*, sono presenti in tutti i sistemi presi in analisi, e così anche *Artemia salina* e *Fabrea salina*. I Copepodi comuni alle tre Saline sono di origine marina, cosmopoliti e ubiquitari, particolarmente adattati alla vita in lagune, anche iperaline. *Artemia salina* e *Fabrea salina*, invece, sono specie caratteristiche di Saline e laghi salati. *Cyclopina gracilis*, abbondante nelle vasche mesoaline delle Saline di Tarquinia e di Margherita di Savoia, non è stata segnalata nelle Saline di Sfax.

Lo zooplancton delle Saline di Tarquinia è stato investigato e caratterizzato per la prima volta insieme con altre componenti biologiche in occasione della dismissione dell'impianto (Nascetti et al., 1997).

Con il presente lavoro di tesi, la caratterizzazione di quest'importante componente dell'ecosistema ha raggiunto un livello di approfondimento maggiore e una definizione più dettagliata. In questo momento i campionamenti nelle quattro stazioni continuano, e il set di dati a disposizione sta così divenendo più ampio e ricco. La prosecuzione dei campionamenti permetterà in futuro di avere un quadro più chiaro e completo della struttura e dello zooplancton e delle sue dinamiche spaziali e temporali.

Il campionamento dello zooplancton, in futuro, potrà essere esteso anche ad altre stazioni fino ad ora non investigate e diverse da quelle prescelte per il progetto "Life Natura" che si è concluso nel 2005. È stato osservato, infatti, che negli ultimi mesi del 2007 lo zooplancton di alcune stazioni presenta dei taxa nuovi per le Saline di Tarquinia, come il Copepode Calanoide *Oncaea* spp, ritrovato in stazione 1, e il Rotifero *Testudinella* spp, ritrovato in una vasca interna e terminale del settore 'Piscine'.

Esistono, a oggi, ancora dei settori delle Saline sconosciuti che potrebbero ospitare specie non ancora riscontrate o alcune delle specie conosciute potrebbero mostrare abbondanze più alte in altri settori delle Saline.

Le stazioni con salinità più elevate per questo lavoro sono state campionate in maniera sporadica e occasionale. Queste stazioni, in seguito, potrebbero essere campionate in maniera più continua nel tempo, per seguire l'evoluzione dei parametri chimico-fisici e dello zooplankton, che presenta qui le specie più alofile che da molti punti di vista sono anche le più interessanti.

Per quanto invece lo studio della fauna vagile legata alle specie vegetali acquatiche presenti nelle vasche delle Saline, si potrebbero determinare i Copepodi associati alle macroalghe, per confronto con quelli legati a *Ruppia cirrhosa*.

Molti dei Copepodi ritrovati in salina sono epibentonici e legati alla vegetazione e compiono migrazioni in colonna d'acqua per esigenze trofiche o riproduttive. Considerando la mobilità di questi organismi, si potrebbero studiare i movimenti migratori delle singole specie dagli strati superficiali del fondo in colonna d'acqua.

A tal fine, andrebbe sviluppata una tecnica efficace di campionamento nell'epibenthos costruendo delle trappole per catturare gli organismi che emergono dal fondo. In letteratura si trovano già molti lavori in cui in ambienti lagunari è stata affrontata la problematica della migrazione verticale in colonna d'acqua dei Copepodi (Fleeger et al., 1984; Hicks, 1988; Kern, 1990; Buffan-Dubau & Castel, 1996).

Un altro tema che potrebbe essere sviluppato nelle Saline di Tarquinia è lo studio delle reti trofiche. A tale scopo si potrebbero scegliere alcuni dei pesci maggiormente presenti e abbondanti nelle Saline, come *Aphanius fasciatus*, *Atherina boyeri*, *Mugil cephalus* o i ghiozzetti lagunari e seguire nel corso del tempo l'evoluzione della loro alimentazione, esaminando i contenuti stomacali dei pesci. Questo tipo di ricerca è già stato sviluppato da qualche decennio sia in ambiente marino costiero, sia in lagune su *Aphanius* (Alcaraz & Garcia-Berthou, 2006; Clavero et al., 2007), su *Atherina boyeri* (Bartulovic et al., 2004) sui pesci ago *Syngnathus taenionotus* and *S. abaster* (Franzoi et al., 1993) e sul ghiozzetto *Gobionellus boleosoma* (Gregg & Fleeger, 1997), con risultati molto interessanti. Nessun dato in letteratura fino ad ora proviene da Saline.

Alcune delle specie presenti nelle Saline di Tarquinia hanno un potenziale commerciale e possono essere utilizzate per l'acquacoltura. I Copepodi, che sono un'ottima fonte di nutrimento per le larve di pesci marini, costituiscono oltre il 90% dello zooplankton di quest'ambiente. Una dieta a base di Copepodi incrementa la crescita e lo sviluppo in modo migliore di diete a base di *Artemia salina* e *Brachionus plicatilis*. Lo svantaggio principale dell'utilizzo dei Copepodi in acquacoltura, al momento, è nella difficoltà a far raggiungere alle colture di questi organismi densità elevate in breve tempo. Molta

ricerca è stata compiuta anche in questo settore e sono disponibili analisi esaustive delle tecnologie correnti di coltura dei Copepodi (Støttrup, 2000).

Tra i Copepodi, gli Arpacticoidi, in particolare, sembrano offrire le migliori combinazioni di taglia e adattabilità per essere coltivati in vivo, perché sono capaci di alimentarsi sia su detrito artificiale, sia su monoculture algali (Norsker & Støttrup, 1994) e riescono a raggiungere densità molto elevate, di circa 115,000 ind/l (Kahan et al., 1982).

Nitocra spinipes, per esempio, frequente nelle stazioni 3 e 4 delle Saline di Tarquinia, potrebbe essere una delle specie utilizzabili in acquacoltura. Fino a ora, su questa specie non è stato compiuto nessuno studio sperimentale, ma un lavoro svolto su *Nitocra lacustris*, anch'essa marina ed eurialina (Rhodes, 2003), ha dato ottimi risultati e lascia ipotizzare un potenziale futuro utilizzo anche di *Nitocra spinipes*.

Considerata la frequenza e le densità spesso elevate di ritrovamento nelle Saline, anche *Tisbe* potrebbe essere presa in considerazione per l'acquacoltura. Esperimenti sono già stati condotti sulle specie *Tisbe biminiensis* (Pintoa et al., 2001) e *Tisbe furcata* (Abu-Rezq et al., 1997).

APPENDICE 1

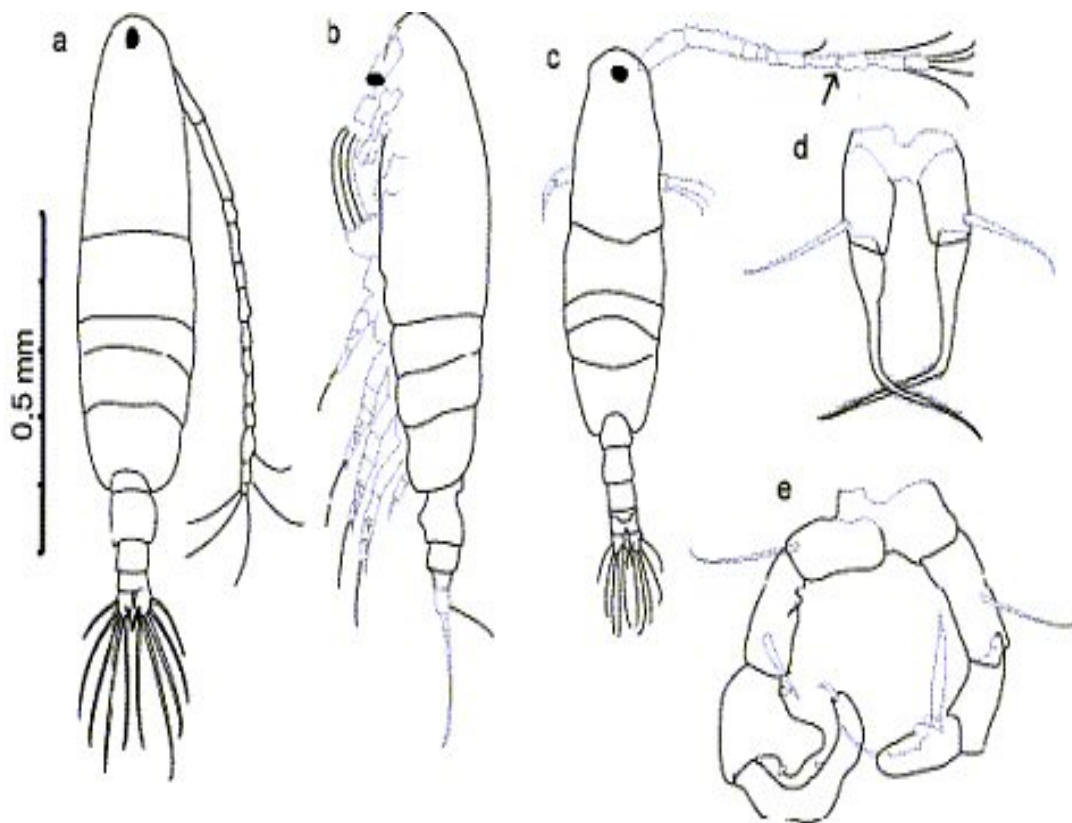
Caratteristiche morfologiche ed ecologiche dei principali taxa identificati

Copepodi

Ordine Calanoida

Famiglia Acartiidae

Acartia clausi



Morfologia

Corpo slanciato con testa e primo segmento toracico separato.

Rostro assente o rappresentato da 2 fili.

Addome femminile a 3 articoli e maschile a 5 articoli.

Capo senza uncini laterali e occhi non bombati e senza efelidi chitinose.

Quinto segmento toracico simmetrico, saldato al quarto.

Addome simmetrico a tre articoli.

Primo paio di antenne di 17 articoli con protuberanze grumose.

Le prime quattro appendici toraciche locomotorie hanno esopodite di tre articoli ed endopodite di 2 articoli.

Il P5 a un ramo, con 2 o 3 articoli, con l'ultimo quasi sempre a forma di artiglio. Nella parte esterna del basopodite c'è una sola setola piumosa, lunga il più delle volte.

Ecologia

Il genere *Acartia* comprende specie tipicamente planctoniche e neritiche. (Mouny & Davin, 2002) In Italia si riscontra nel Mar Mediterraneo, nel Mar Tirreno, Adriatico, e Ionio.

Le specie *Acartia clausi* e *Acartia latisetosa* sono state riscontrate anche in ambienti lagunari, come le Valli di Comacchio e di transizione, come il Delta del Po.

Spesso questo genere si presenta in un determinato habitat con più specie contemporaneamente o in successione, secondo i cicli riproduttivi delle specie stesse o della disponibilità di risorse trofiche o delle variazioni di parametri chimico-fisici.

In un esperimento in microcosmo condotto per dimostrare l'effetto della salinità sul popolamento zooplanctonico di ambienti lagunari costieri (Greenwald & Hurlbert, 1993) è risultato che *Acartia* mostrava il massimo di abbondanza a salinità prossime a quelle marine (34 PSU).

Acartia tollera bene anche salinità superiori a quelle marine, finì a valori di 45 PSU; è stata, infatti, trovata con densità piuttosto elevate nel Mar Menor, una laguna costiera mediterranea iperalina (Gilavert J., 2001) e nella Laguna Madre in Texas (Buskey et al., 1998).

Acartia tende spesso a rappresentare in ecosistemi lagunari costieri una componente dominante, così è stato osservato nella Baia di Arcachon, nella Baja di Jobos e nella Sacca di Scardovari (Colombo et al., 1983) e nella Laguna di Thau, in Francia (Lam-

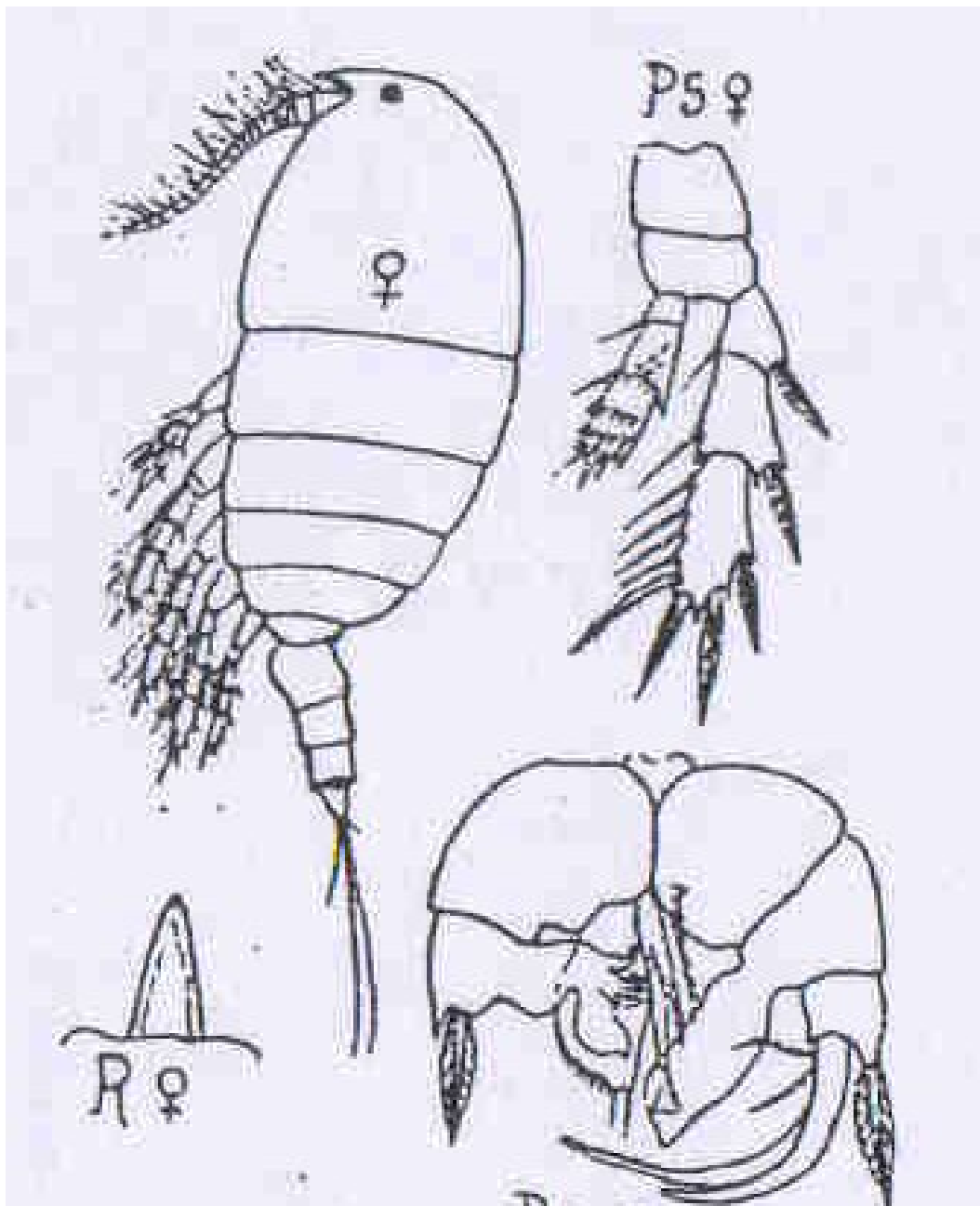
Hoai, 1985; Lam-Hoai et al., 1985) e nello Stagno di Sarrazine (Lam & Amanieu, 1989).

La presenza della specie neritica *Acartia clausi* è segnalata in ambienti lagunari, come le Valli di Comacchio (Ceccherelli e Ferrari, 1982).

All'interno del genere *Acartia*, specie tipiche di ambienti lagunari confinati *A. margalefi* e *A. latisetosa* sono state riscontrate in Italia in una laguna del Delta del Po (Sei et al., 1996).

Famiglia Pseudocyclopidae

Pseudocyclops umbraticus



Morfologia

Corpo piuttosto tozzo.

Rostro corto.

Il quarto e quinto segmento toracico sono separati e l'ultimo rimpicciolito dorsalmente.

Addome simmetrico.

Raggiunge lunghezze di 0,7-0,8 mm.

Primo paio di antenne di 15-18 segmenti.

Il P5 nella femmina presenta esopodite con tre segmenti ed endopodite con 2 o 3 segmenti, nel maschio è asimmetrico.

Ecologia

Genere comprendente specie epibentoniche e demersali soggette a forti fenomeni di migrazione verticale in colonna d'acqua, con densità maggiori durante la notte e minori durante il giorno.

La famiglia a cui appartiene, Pseudocyclopidae, è dal punto di vista evolutivo la più primitiva all'interno della subclasse Calanoida.

In sistemi lagunari sono state riscontrate due specie non descritte del genere *Pseudocyclops*, che confermano la capacità di adattamento ad ambienti confinati (Madhupratap et al., 1991); queste sono presenti con densità molto basse e di taglia piuttosto ridotta.

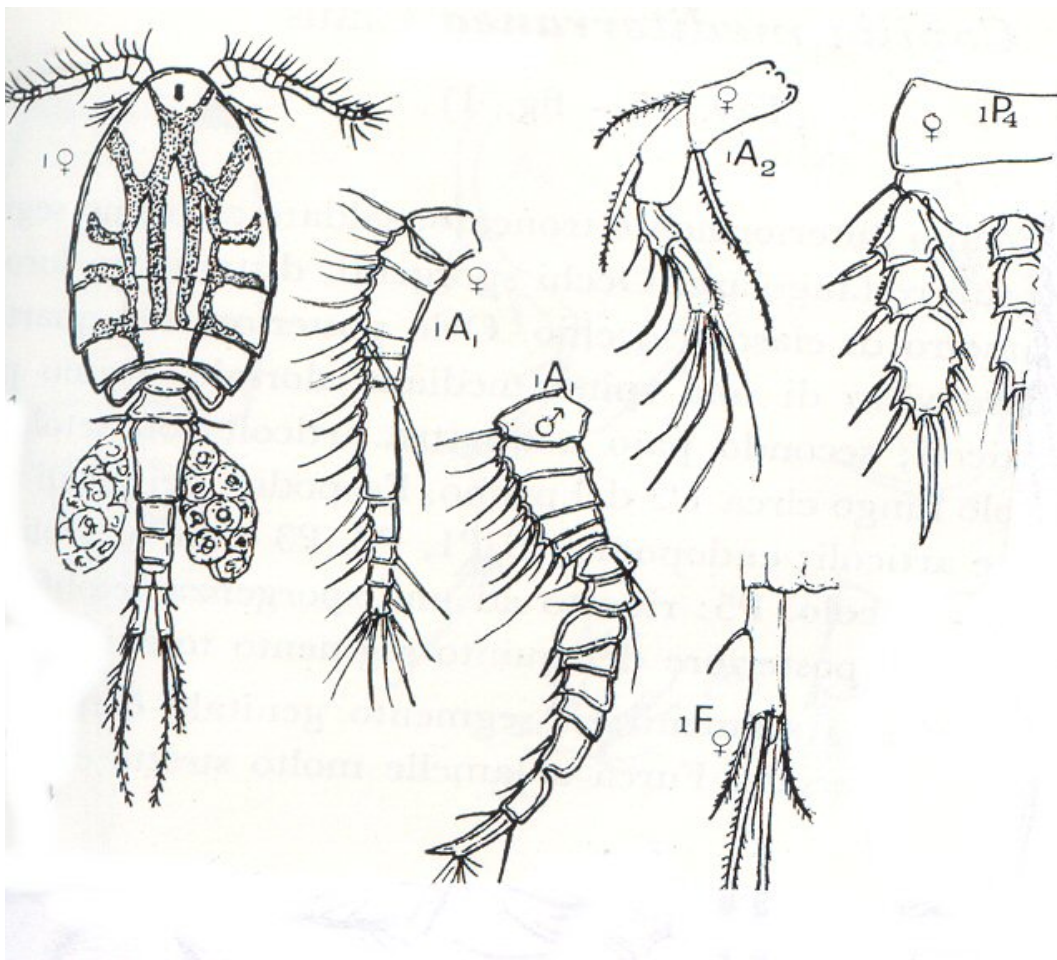
La tendenza a stazionare durante il giorno e in generale nelle stagioni fredde sul fondo o in prossimità di questo e a migrare durante la notte e maggiormente destate verso gli strati superficiali nella colonna d'acqua è stata dimostrata in studi condotti in ambienti costieri (Jacoby & Greenwood, 1989; Shimode & Shrayama, 2004).

Dal punto di vista ecologico la somiglianza del genere *Pseudocyclops* ai Copepodi Arpacticoidi è confermata anche dal fatto che questo è stato riscontrato associato a foglie di *Thalassia testudinum* (Lewis & Hollingworth, 1982).

Ordine Ciclopoida

Famiglia Cyclopinidae

Cyclopina gracilis



Morfologia

Ciclopide con primo paio di antenne di 10 articoli, di cui il sesto risulta lungo come gli ultimi quattro articoli presi insieme.

Specie di modeste dimensioni, raggiunge lunghezze di circa 0,5 mm.

Addome di 4 segmenti, con furca lunga circa quattro volte la larghezza e che presenta nella metà prossimale dell'orlo esterno una corta setola e quattro setole terminali.

Il P5 in entrambi i sessi è ugualmente conformato e consiste di 2 articoli di cui il prossimale ha profilo quadrangolare e, il distale, molto più stretto alla base, termina con 2 spine allungate e una fine setola.

I sacchi ovigeri sono appressati all'addome e contengono da 6 a 10 uova.

Ecologia

La specie è marino-costiera e presenta ampia diffusione nel Mar Tirreno centro meridionale e nel Mar Adriatico. È stata riscontrata come specie dominante in uno studio di ricolonizzazione di una prateria di fondo, in un ambiente lagunare dell'Italia Nord Orientale (Cristoni et al., 2004). È una specie ad ampia distribuzione, in particolare nelle zone litorali, tra la vegetazione e a basse profondità.

La specie, che può essere presente in colonna d'acqua come elemento dello zooplancton, ma è più spesso legata alla componente epibentonica e alla vegetazione e si trova comunemente associata alla *Ruppia* e ad altre componenti macro e microalgali (Guerrini et al., 1998; Cristoni et al., 2004).

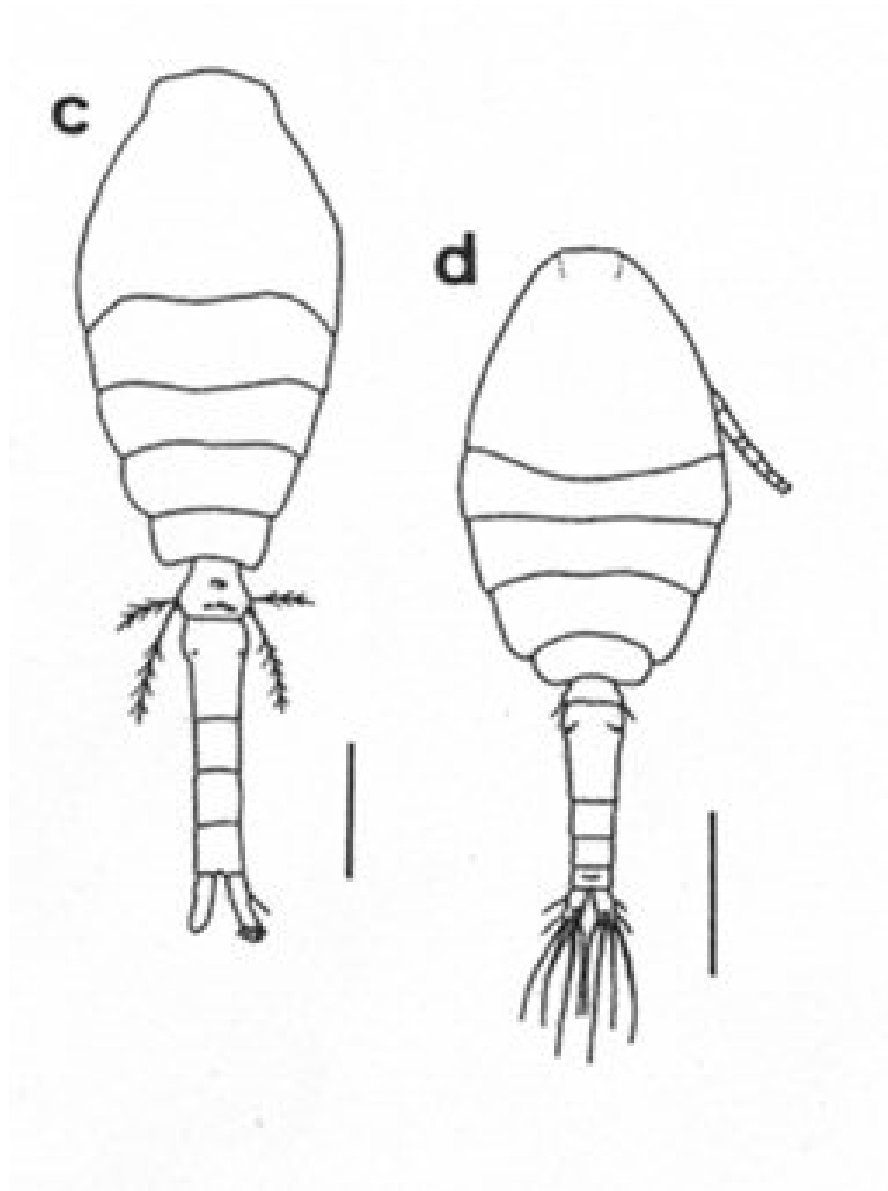
È una specie con capacità di adattamento a diversi tipi di habitat, essendo stata riscontrata anche a temperature prossime allo zero termico in habitat come gli strati inferiori dei ghiacci marini polari e sub-polari dove rappresenta addirittura la specie dominante (Kern et al., 1983).

In zone pelagiche, può essere riscontrato come organismo oloplanctonico, ma solo sporadicamente perché perde in competitività in questo tipo di habitat a favore di altri Copepodi (Chojnacki et al., 2007).

La sua resistenza a stress salini è stata dimostrata in laboratorio; *Cyclopina gracilis*, in condizioni sperimentali, infatti, sopravvive fino a salinità di 70 PSU (Grainger & Mohammed, 1990).

Famiglia Oithonidae

Oithona spp



Morfologia

Il genere *Oithona* presenta un rostro appuntito antero-ventralmente nelle femmine e arrotondato nei maschi.

La furca è sempre corta.

Nelle femmine il primo paio di antenne è per lo più della stessa lunghezza dell'intero corpo.

Le prime 4 paia di appendici locomotorie toraciche hanno esopodite ed endopodite di tre segmenti.

Il P5 è ridotto a una piccola estroflessione dislocata dorsalmente, provvista di una setola e segmenti laterali generalmente di piccole dimensioni che portano una setola apicale.

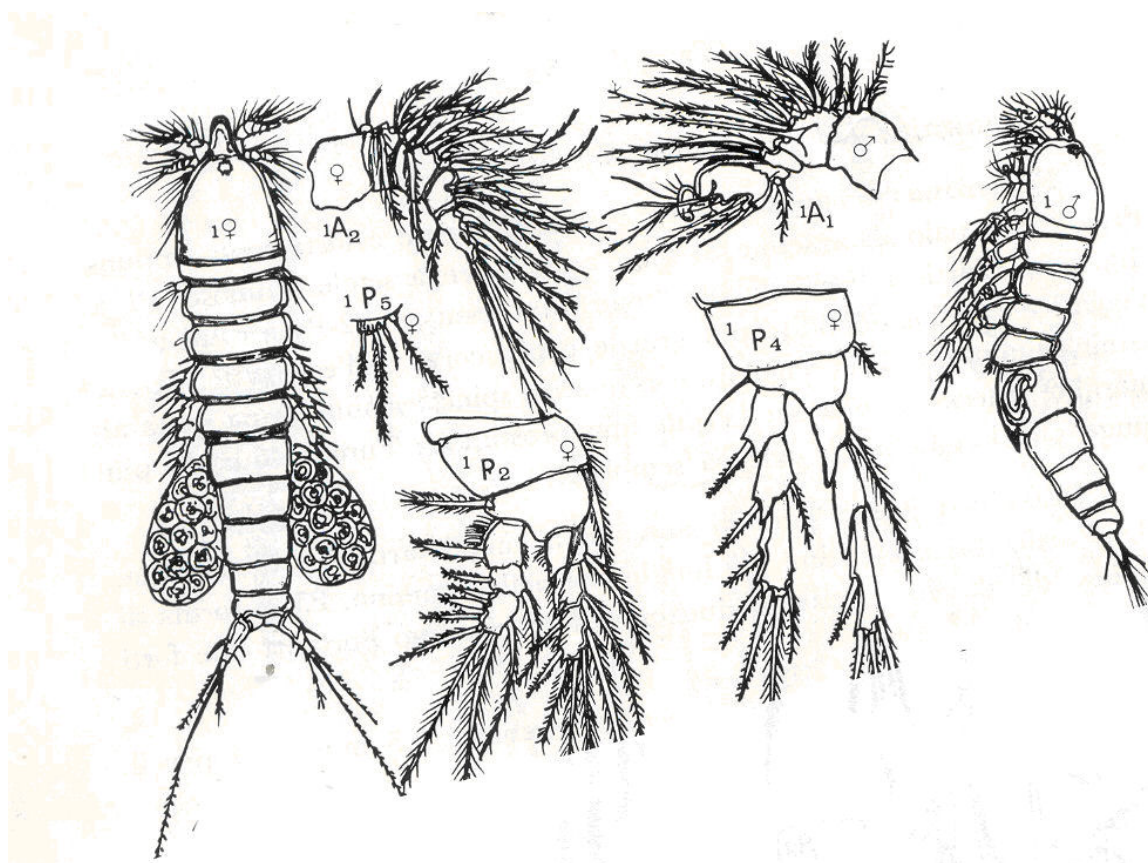
Ecologia

Genere comprendente specie neritiche, ma che in determinate circostanze possono adattarsi efficacemente alla vita in ambienti lagunari. La specie *Oithona nana* è stata riscontrata con abbondanze molto elevate in una laguna iperalina costiera del Mediterraneo (Gilavert, 2001), mentre le specie *O. nana* e *O. helgolandica* abbondano in lagune costiere poco profonde del Mediterraneo del nord (Lam Hoai, 1985). *Oithona* spp è stato riscontrato come Ciclopoide dominante nelle lagune costiere delle Laccadive, a dimostrazione della sua capacità di colonizzare ambienti lagunari. (Madhupratap et al., 1991) nonché nella laguna ipersalina di Bardawil in Egitto (Mageed, 2006).

Ordine Harpacticoida

Famiglia Canuellidae

Canuella perplexa



Morfologia

Specie tipicamente bentonica presenta corpo allungato, con capo piccolo e convesso superiormente.

Raggiunge lunghezze di 1,3 mm.

Il rostro è sporgente e pronunciato e strettamente arrotondato all'apice.

I segmenti toracici sono ben definiti e nettamente separati l'uno dall'altro da una costrizione.

Il primo paio di antenne è robusto, a cinque articoli con setole forti e fittamente ciliate.

Primo paio di appendici toraciche locomotorie più breve dei successivi.

Il quinto paio di appendici toraciche locomotorie è piuttosto piccolo e formato da una lamina il cui orlo è munito di quattro setole.

Addome più corto del corpo anteriore e furca circa 2,5 volte più lunga che larga, a rami fortemente divergenti.

Presenza di due sacchi ovigeri ovali.

Ecologia

Copepode Arpacticoida meibentonico di origine marino-costiera e ad ampia diffusione; specie molto adattata alla vita in ambienti d'estuario.

Canuella perplexa è ritrovata comunemente anche in laguna, dove è una delle specie maggiormente eurialine ed euriterme e soprattutto una di quelle di taglia maggiore. A differenza di altri Arpacticoidi, che prediligono la vita associata alle piante acquatiche, *Canuella perplexa* vive legata al fondo e raramente è stato osservato che compiesse migrazione in superficie. È classificato come 'abitante del fango' e si può quindi ritrovare spesso in sedimenti fangosi anche a 3-4 cm di profondità. Il modo migliore per campionarlo è quindi utilizzando un piccolo carotiere in sedimenti fangosi.

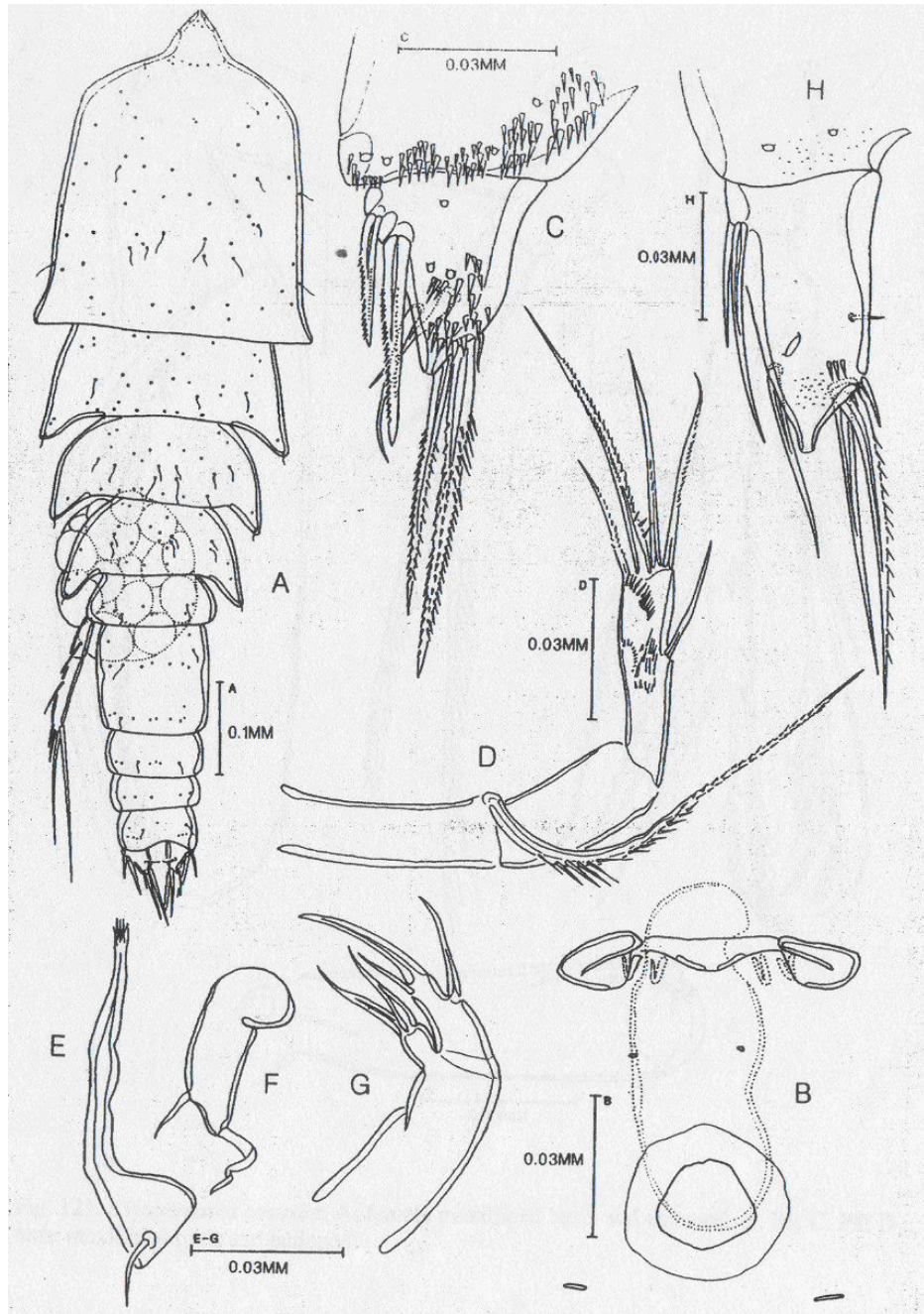
È una specie piuttosto conosciuta e studiata, anche in Italia (Ceccherelli e Mistri, 1991).

Canuella perplexa, come altri Arpacticoidi meibentonici, è comunemente riscontrata anche negli ecosistemi a mangrovia in aree tropicali.

In ambienti lagunari è normalmente rinvenuto e si segnala per essere una delle specie che ricolonizza più velocemente ambienti sottoposti a stress distrofici.

Famiglia Clytemnestridae

Clytemnestra rostrata



Morfologia

Il corpo è snello e appiattito dorso-ventralmente, con marcata suddivisione tra il prosoma e l'urosoma.

Il cefalotorace ha una forma caratteristica a campana.

Il rostro è largo, triangolare e non è definito alla base.

Rami caudali notevolmente convergenti, tanto lunghi quanto larghi.

Il primo paio di antenne nelle femmine ha 6 o 7 segmenti.

Il primo paio di appendici toraciche presenta esopodite con 1 segmento con 3 o 4 setole, l'endopodite è indistintamente di 3 segmenti.

Il P5 in entrambi i sessi ha un basoendopodite senza lobo endopodale e l'esopodite con un segmento allungato con 5 o 6 setole.

Specie tipicamente planctonica che si ritrova dalla superficie fino a 60 m di profondità.

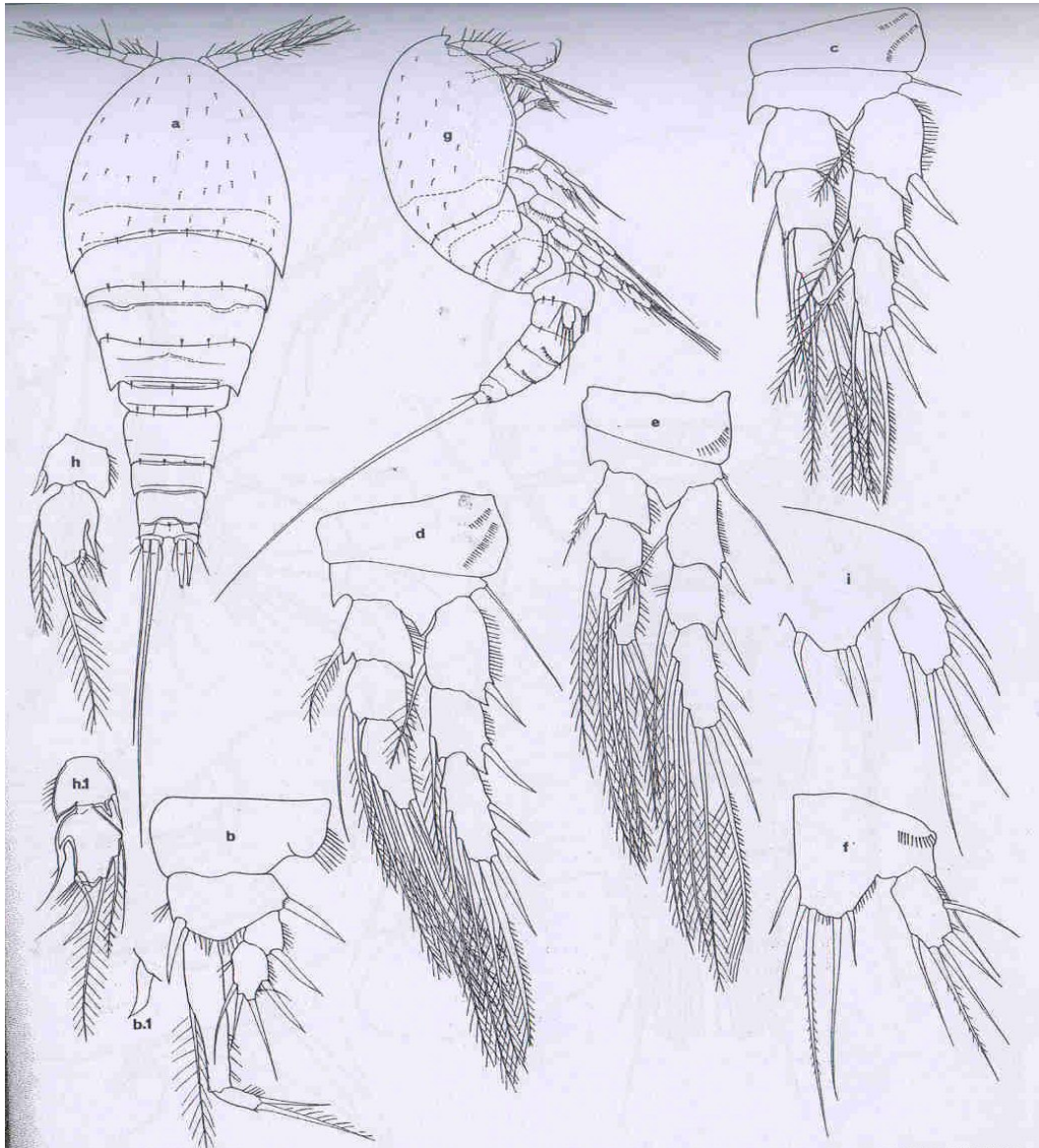
Ecologia

Arpacticioide planctonico abbastanza diffuso nelle acque marino-costiere, è presente spesso in concentrazioni piuttosto ridotte rispetto agli altri Copepodi planctonici.

In ambiente lagunare la sua presenza è abbastanza rara, rispetto a quella di altri Copepodi planctonici. È stata riscontrata in maniera non continua nella 'Laguna de Las Restringa' in Venezuela (Caraballo, 1978).

Famiglia Thalestridae

Diarthrodes spp



Morfologia

Il genere *Diarthrodes* si distingue dagli altri appartenenti alla famiglia Thalestridae per avere l'esopodite del primo paio di appendici toraciche locomotorie con 1 o 2 segmenti. Tutti gli altri Thalestridae hanno 3 segmenti.

Il genere trovato raggiunge lunghezze di circa 0,7-0,8 mm.

Il corpo ha una forma subpiriforme, è robusto, in qualche modo compresso in fronte e che si restringe verso il fondo.

Proiezione del rostro rivolta verso il basso.

Addome corto, la cui lunghezza è uguale all'incirca a quella degli ultimi tre segmenti toracici insieme.

Antenne di 7 segmenti: il secondo, talvolta, è più lungo del terzo. La parte terminale è lunga all'incirca come il secondo ed il terzo segmento messi insieme. Tutti i segmenti delle antennule portano setole nude.

Esopodite del primo paio di appendici toraciche di 2 segmenti, endopodite di 2 segmenti ognuno dei quali porta sottili spinule o peli. Il primo segmento è 4 volte più lungo del secondo.

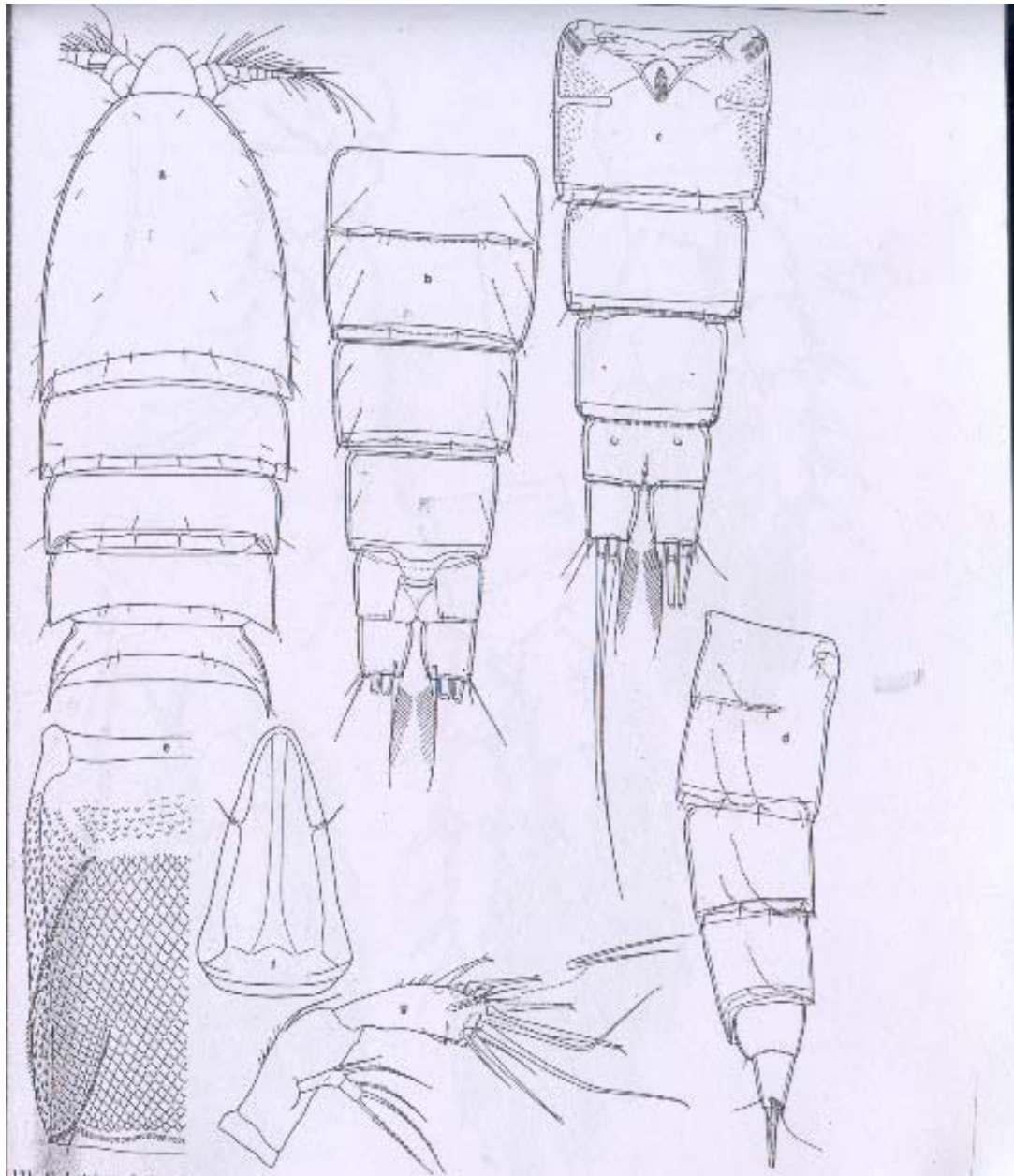
Ecologia

Specie tipica marino-costiera, è riscontrata per lo più in pozze di marea e risciacquando le alghe.

Come molti appartenenti alla famiglia Thalestridae, anche *Diarthrodes*, comprendente soprattutto specie di origine marina, è un Arpacticoide adattato alla vita associata alla vegetazione sommersa. Staziona intorno alle macrofite o alle macroalghe acquatiche e si nutre di alghe epifitiche. Con frequenza abbastanza elevata *Diarthrodes* è stata trovata legata a ciuffi di *Ascophyllum nodosum* (Olafsson et al., 2001), in particolare su alghe epifitiche *Pilayella littoralis* e *Polysiphonia lanosa* (Jarvis & Seed, 1996) nonché in Islanda sull'alga rossa *Chondrus crispus* (Steinarsdottir et al., 2003) e su tappeti di *Laminaria ochroleuca* (Arroyo et al., 2006).

Diarthrodes è stata riscontrata come specie dominante anche in un transetto con fondale fangoso con vegetazione di *Spartina alternifolia* (Coull & Feller, 1988).

Eudactylopus spectabilis



Morfologia

Appartenente alla famiglia Thalestridae, raggiunge lunghezze di 1,5 mm, notevoli per l'ordine Arpacticoida.

Il corpo è cilindrico e tende ad assottigliarsi leggermente verso l'estremità inferiore, il tegumento interno presenta una scultura squamosa fine.

Il cefalotorace è lungo all'incirca come i quattro segmenti seguenti con alcuni piccoli peli sulla superficie.

Il rostro è mobile, prominente, arrotondato in fronte con una piccola setola sensoriale nella parte distale.

Le antennule sono di 9 segmenti, ognuno dei quali presenta delle setole.

Il primo paio appendici toraciche locomotorie (P1) presenta un esopodite di tre segmenti e un endopodite di due, di cui il primo è più lungo dell'esopodite e il secondo che presenta due artigli terminali.

Il quinto paio appendici toraciche locomotorie è fogliaceo e si estende fino circa a metà del terzultimo somite.

Ecologia

Specie marina costiera riscontrata in pozze di marea, sugli scogli e sulla sabbia, con ampia distribuzione nel Mar Tirreno centro meridionale. La costante presenza nelle Saline di Tarquinia indica una sua notevole capacità adattativa agli ambienti lagunari salini poco profondi.

La stessa specie è stata campionata in acque poco profonde nella Baia di Tanabe, in Giappone, in colonna d'acqua (Shimode & Shrayama, 2006) e su letti di macroalghe in acque costiere della Corea (Chang & Song, 1995; Song et al., 1999).

La specie, benché classificata generalmente come bentonica, ha notevoli capacità natatorie e una spiccata predilezione per la vegetazione sommersa.

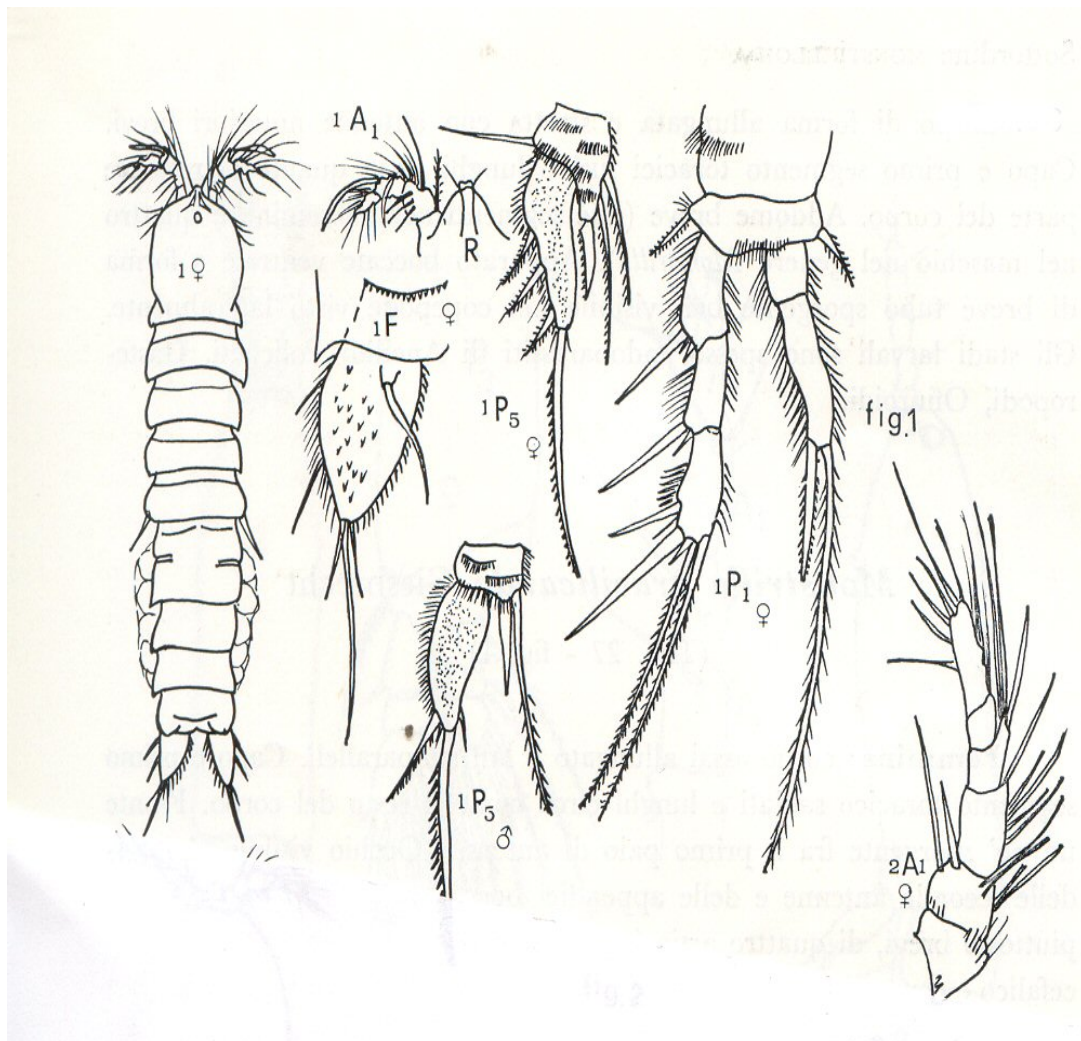
Eudactylopus spectabilis si caratterizza anche per essere una specie che compie migrazioni verticali nel ciclo giorno/notte, e si mostra più legata al fondo durante il giorno e più abbondante in colonna d'acqua durante la notte (Shimode & Shrayama, 2004). Questa strategia è adottata da molti Arpacticoidi epibentonici probabilmente per evitare la predazione.

La specie *Eudactylopus latipes*, campionata nel Mar dei Caraibi, è stata trovata associata alle foglie di *Thalassia testudinum* (Lewis & Hollingworth, 1982).

La specie *Eudactylopus andrewi andrewi* costituisce una delle forme epibentoniche predominanti in sistemi lagunari delle Laccadive, dove conferma la sua tendenza a migrare verso la superficie durante la notte ed a stazionare sul fondo durante la notte. (Madhupratap et al., 1991).

Famiglia Cletotidae

Enhidrosoma propinquum



Morfologia

Presenta corpo allungato appena ristretto all'indietro.

Il rostro è largo a punta, leggermente concavo e con due piccole setoline.

Raggiunge dimensioni di circa 0,7 mm.

Il P1 ha un esopodite di tre segmenti con articolo terminale con 4 setole di cui 2 piumose lunghe e 2 nude brevi, ed endopodite con articolo terminale con due setole di cui la più esterna è più lunga dell'interna.

La furca è fogliacea, lunga all'incirca come l'ultimo segmento, con setola terminale lunga circa come la furca.

Il genere comprende specie tipicamente bentoniche che vivono in fondali sabbiosi o fangosi e possono essere ritrovate anche in pozze di marea.

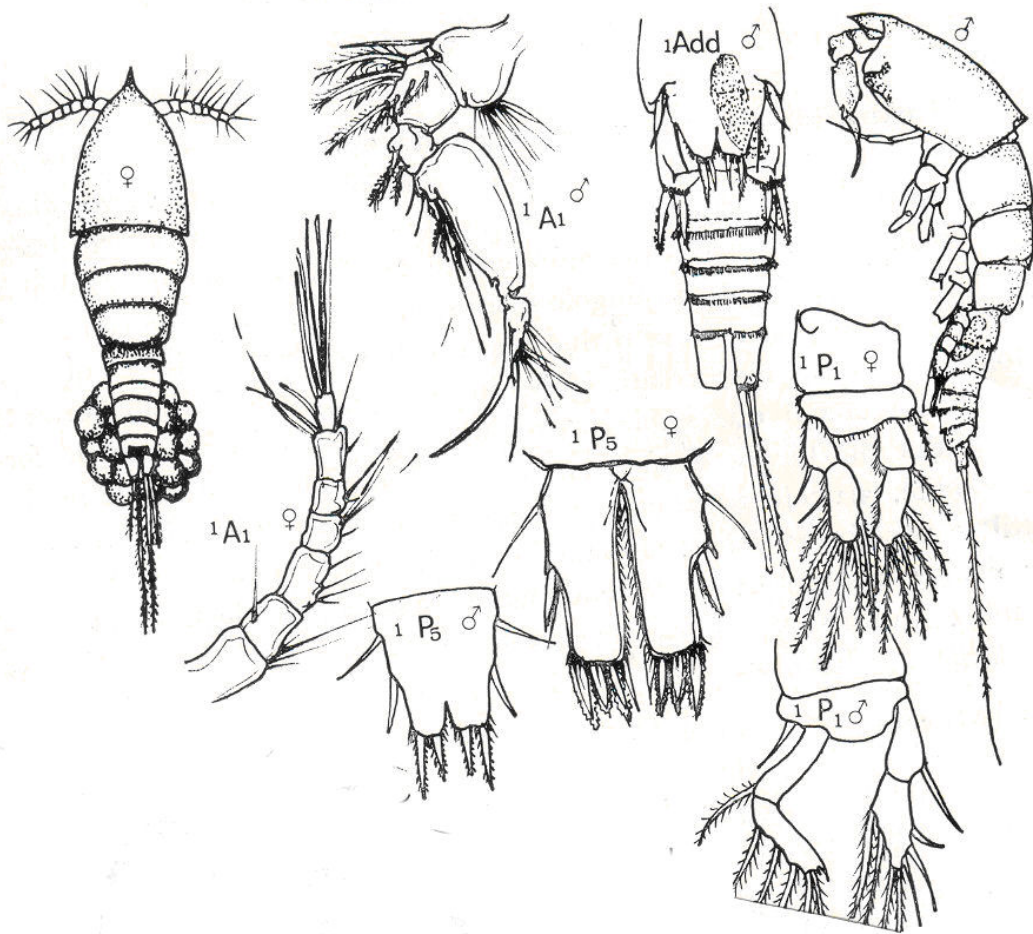
Ecologia

Questa specie ha caratteristiche prettamente bentoniche, sebbene possa essere riscontrata anche in colonna d'acqua, dove la sua presenza è causata più da fenomeni di risospensione, dovute a turbolenze del corpo idrico, che a effettive capacità natatorie.

È stato riscontrato come specie codominante in paludi salmastre nel Massachusetts in cui la colonna d'acqua non superava i 30 cm (Ruber et al., 1994).

Famiglia Euterpinidae

Euterpina acutifrons



Morfologia

Corpo allungato con rostro sporgente e fortemente appuntito.

Il primo paio di antenne è di sette articoli senza setole piumose.

Raggiunge dimensioni di circa 0,75 mm la femmina, 0,5 mm il maschio.

Il primo paio di appendici locomotorie è a due articoli.

Il quinto paio di appendici toraciche P5, è a lamina lunga quasi rettangolare con 4 spine terminali.

Furca più lunga che larga.

Si tratta di una specie epipelagica presente anche in acque salmastre.

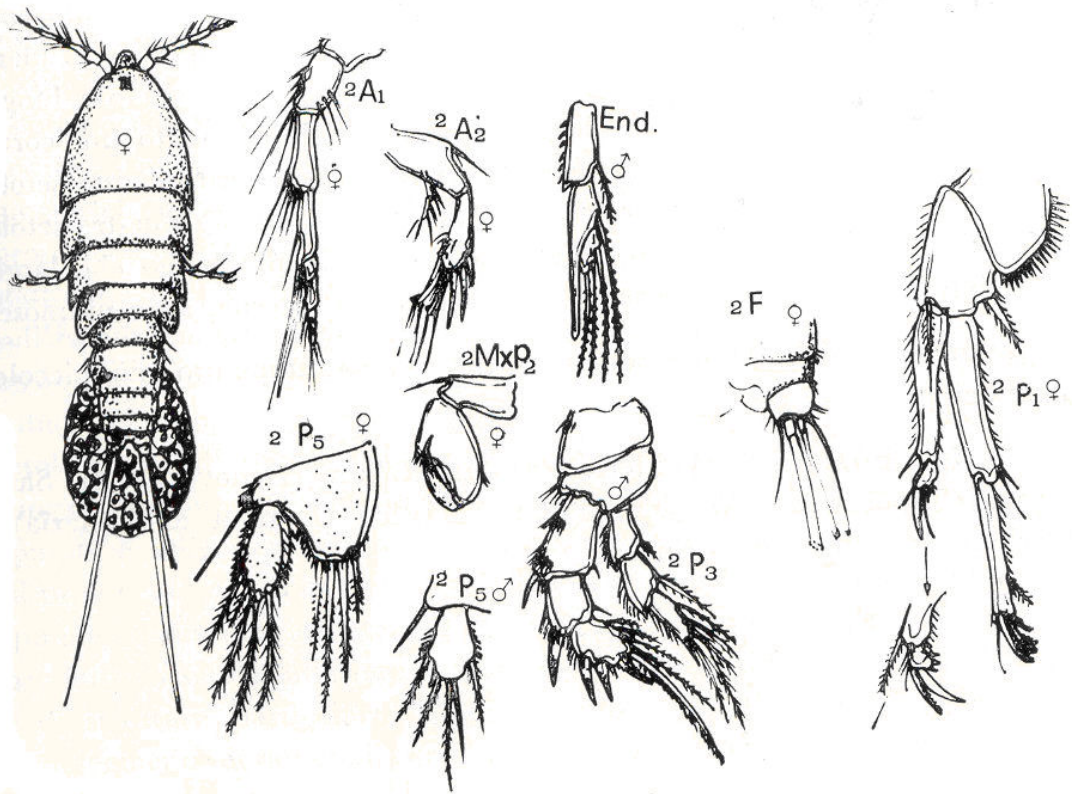
Ecologia

Copepode Arpacticoide tipico del plancton neritico, è comunemente riscontrato in lagune costiere salmastre in cui il collegamento con il mare è continuo (Ferrari et al., 1985), ed anche in lagune in cui l'altezza della colonna d'acqua è scarsa (Lam-Hoi, 1985).

Nella Laguna di Bardawil, in Egitto (Mageed, 2006) *Euterpina acutifrons* è una delle specie maggiormente diffuse e la sua capacità adattativa a questo tipo d'ambiente è confermata da lavori svolti su lagune del Marocco (Ouldessaib et al., 1998).

Famiglia Harpacticidae

Harpacticus spp



Morfologia

Forma del corpo variabile, per lo più solo leggermente appiattita. Tegumento senza ornamenti, liscio.

Segmenti addominali senza estroflessioni laterali, ma con spinule ben definite.

Il rostro è definito alla base, più largo che lungo all'incirca di 1,5 volte.

Il primo paio di antenne di 8-9 segmenti.

Il P1 è caratteristico, con l'esopodite più lungo dell'endopodite, e formato da due segmenti allungati privi di setole interne, con rudimento di un terzo segmento incastrato al margine distale del secondo segmento e dotato di 4 artigli scardinati, un artiglio con cardini e una setola. L'endopodite presenta 2 o 3 segmenti, col primo lungo circa come quello dell'esopodite. Il margine distale dell'endopodite ha un artiglio uncinato maggiore di notevoli dimensioni e un artiglio minore che può non essere uncinato e una semplice setola. Il segmento distale dell'endopodite è molto corto.

Il quinto paio d'appendici locomotorie nelle femmine ha lobo endopodale ben sviluppato con 4 setole.

Nel maschio il lobo endopodale è molto ridotto e senza setole.

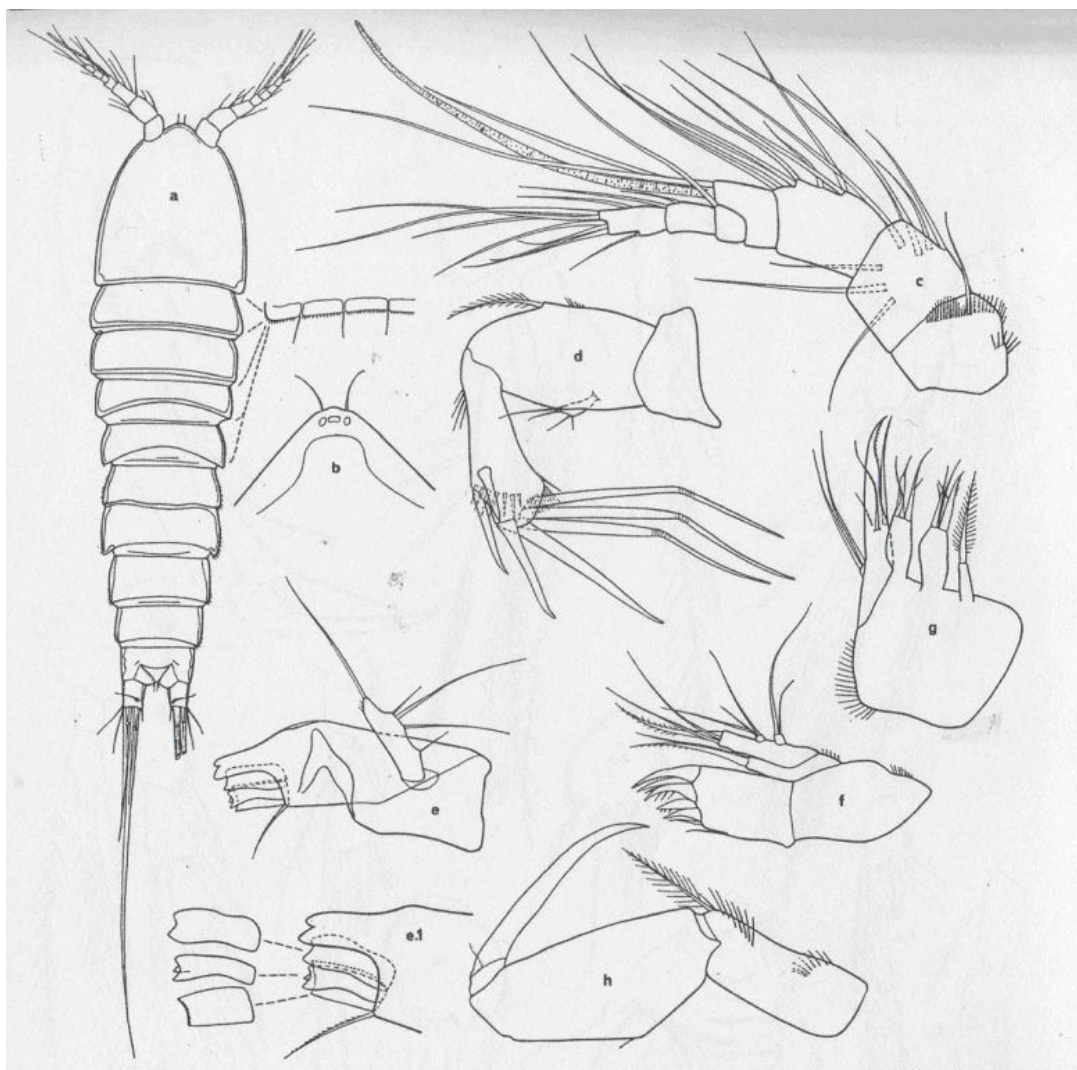
Ecologia

Genere marino-costiero, con spiccata adattabilità alla vita in ambienti lagunari salmastri. Può vivere sul fondo come forma epibentonica e nutrirsi di detrito vegetale e di materiale particolato. Più spesso *Harpacticus* si riscontra come forma associata alle macrofite di fondo o fluttuanti (*Ruppia*) o legato a macroalghe filamentose (*Enteromorpha* sp, *Ulva* sp). Come nel caso del genere *Tisbe*, anche *Harpacticus* si ritrova spesso con assemblaggi multispecie, sia in ambienti marino costieri, sia in laguna. È stato trovato come specie dominante in praterie di fondo nella Baia di Port Phillip in Australia, dominata dalla specie *Heterozostera tasmanica* e questo conferma la sua predilezione per vivere legato alla vegetazione (Jenkins et al., 2002).

La sua presenza in lagune mediterranee poco profonde è stata segnalata a Sete e Thau (Lam-Hoi, 1985), dove, insieme a *Canuella perplexa*, rappresenta l'unico esponente della fauna ad Arpacticoidi. Specie del genere *Harpacticus*, in particolare *Harpacticus chelifer* e *Harpacticus uniremis* si sono dimostrati ottimi colonizzatori di ciuffi dell'alga marina *Ascophyllum nodosum* (Olafsson et al., 2001).

Famiglia Laophontidae

Heterolaophonte spp



Morfologia

Lunghezza corporea di circa a 0,7 mm.

Il corpo si restringe gradualmente verso il fondo.

Il cefalotorace è lungo all'incirca come i quattro successivi segmenti.

Proiezione del rostro ampia.

Antennule di 7 segmenti.

Prima coppia d'appendici toraciche con esopodite di tre segmenti ed endopodite massiccio, con peli nella parte prossimale della punta interna. La parte concava dell'uncino è provvista di corta peluria.

P5 con esopodite corto e largo, spatolato, con 6 setole marginali.

Il maschio è un po' più piccolo e sottile della femmina.

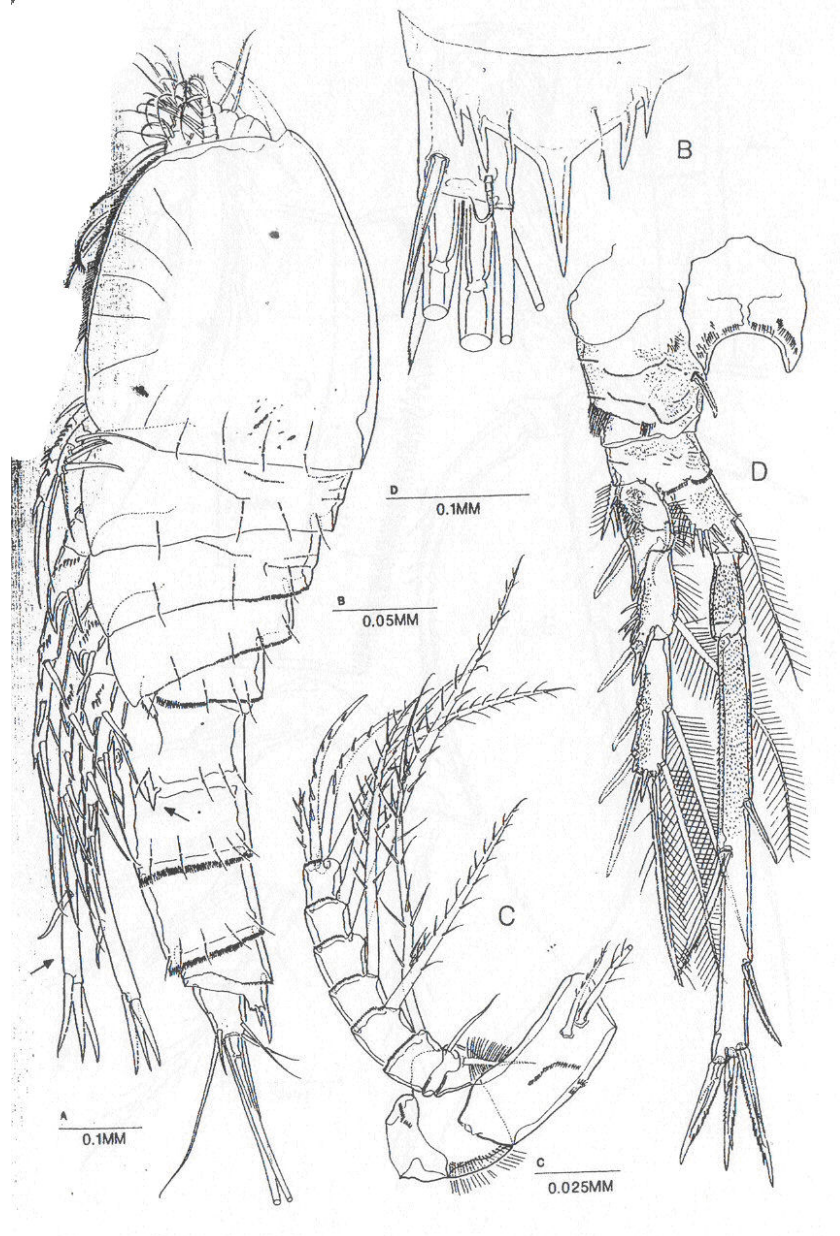
Ecologia

Genere appartenente alla famiglia Laophontidae, presenta specie marine meiobentoniche ed associate alla vegetazione. In Italia è stato rinvenuto in ambienti lagunari salmastri ed estuarini come importante rappresentante del popolamento di Arpacticoidi associati a *Ruppia* sp (Ceccherelli & Ferrari, 1982; Sei et al., 1996; Guerrini et al., 1998) e ad altre macroalghe. In ambiente marino costiero è stato osservato su periphyton di *Ascophyllum nodosum* (Jarvis & Seed, 1996).

La specie *Heterolaophonte variabilis* è stata riscontrata con densità medie di 12 individui per cm² su foglie di *Zostera marina* e densità più basse nel sedimento nello stesso ambiente, come conferma della predilezione da parte di questo taxon per la vita associata alle piante acquatiche (Webb & Parsons, 1992).

Famiglia Longipedidae

Longipedia coronata



Morfologia

Corpo ampio, fusiforme nella visione dorsale, senza distinzione marcata tra prosoma ed urosoma.

Cefalotorace con ampio rostro, ben definito alla base.

Raggiunge dimensioni di oltre 1 mm.

Il primo paio di antenne ha 6 segmenti, con molte setole pinnate e pettinate.

Tutte le appendici locomotorie hanno tre segmenti.

L'endopodite del P2 è caratteristico, con segmenti distali molto allungati e con forti spine.

Il P5 presenta base ed endopodite, con setole articolate e ben sviluppate separati ed esopodite rettangolare.

Le femmine presentano un singolo sacco ovigero.

Ecologia

Arpacticoida che può essere riscontrato sia in colonna d'acqua, sia nell'epibenthos similmente ad altri Arpacticoidi.

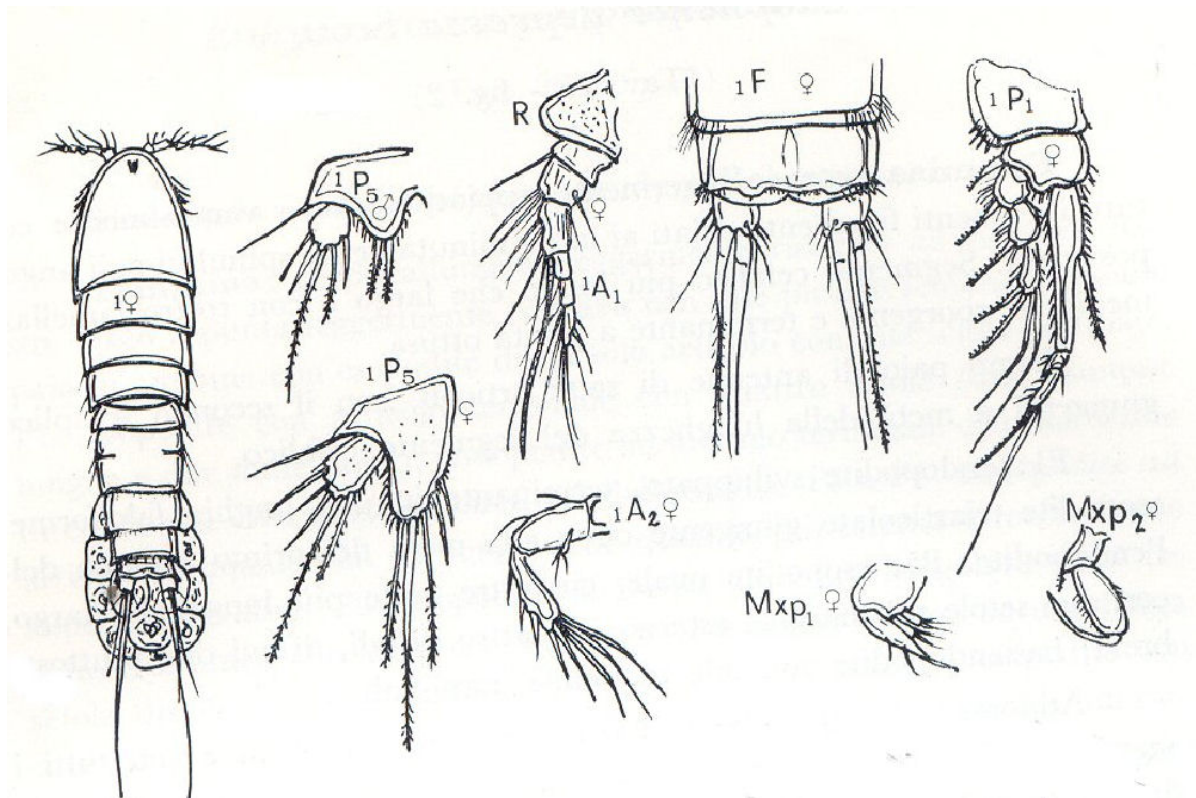
Longipedia è un genere che specie di taglia abbastanza elevata, e si caratterizza per essere una preda elettiva di pesci (in particolare Gobiidi) in ambienti lagunari e in baie costiere (Alheit & Scheibel, 1982).

Come i generi *Tisbe*, *Nitocra* e *Canuella* anche *Longipedia* è comunemente utilizzata nei test eco tossicologici, in cui si studiano gli effetti dei metalli pesanti sui Copepodi marini meiobentonici, dimostrando di essere uno dei generi più sensibili a elevate concentrazioni di rame (Saunders & Moore, 2004).

La capacità di *Longipedia* di compiere movimenti migratori in colonna d'acqua è stata dimostrata sia in condizioni d'acqua ferma che mossa (Thistle, 2003) e questa migrazione verso l'alto avviene prevalentemente durante la notte, come in altri copepodi arpacticoidi.

Famiglia Canthocamptidae

Mesochra pygmaea



Morfologia

Corpo allungato e uniformemente attenuato all'indietro.

Il segmento cefalico è lungo come tutto il resto del torace.

Raggiunge dimensioni massime di 0,5 mm.

Il primo paio di antenne è di 6 articoli.

Il P1 presenta esopodite di 3 articoli, poco più lungo della prima metà del primo articolo dell'endopodite. Quest'ultimo è di tre articoli, con il primo leggermente allargato alla base.

Il P5 ha endopodite stretto e allungato all'indietro e il margine interno porta distalmente 5 setole. L'esopodite è di un articolo, un po' più lungo che largo.

L'ultimo segmento dell'addome è più corto dei precedenti.

Furca con rami corti più larghi che lunghi.

Ecologia

È un genere cosmopolita di origine marina, adattato alla vita in ambienti salmastri e di acqua dolce; si ritrova generalmente in acque interne anche di natura effimera.

È una specie principalmente meiobentonica, riscontrata quindi solitamente negli strati superiori del sedimento o all'interfaccia tra questo e la colonna d'acqua. È un genere con discrete capacità natatorie e spesso è campionata in colonna d'acqua (Walters & Bell, 1986). E' riscontrata, come nelle Saline di Tarquinia, associata alle piante acquatiche e a volte raggiunge picchi molto elevati (Webb & Parsons, 1992).

Mesochra è un genere che si adatta a elevate salinità, è stato, infatti, riscontrato nelle Saline di Tarquinia a fino a oltre 100 PSU, un risultato che conferma quello ottenuto in Australia in bacini evaporanti, con salinità comprese tra 50 e 80 PSU (Campbell, 1995).

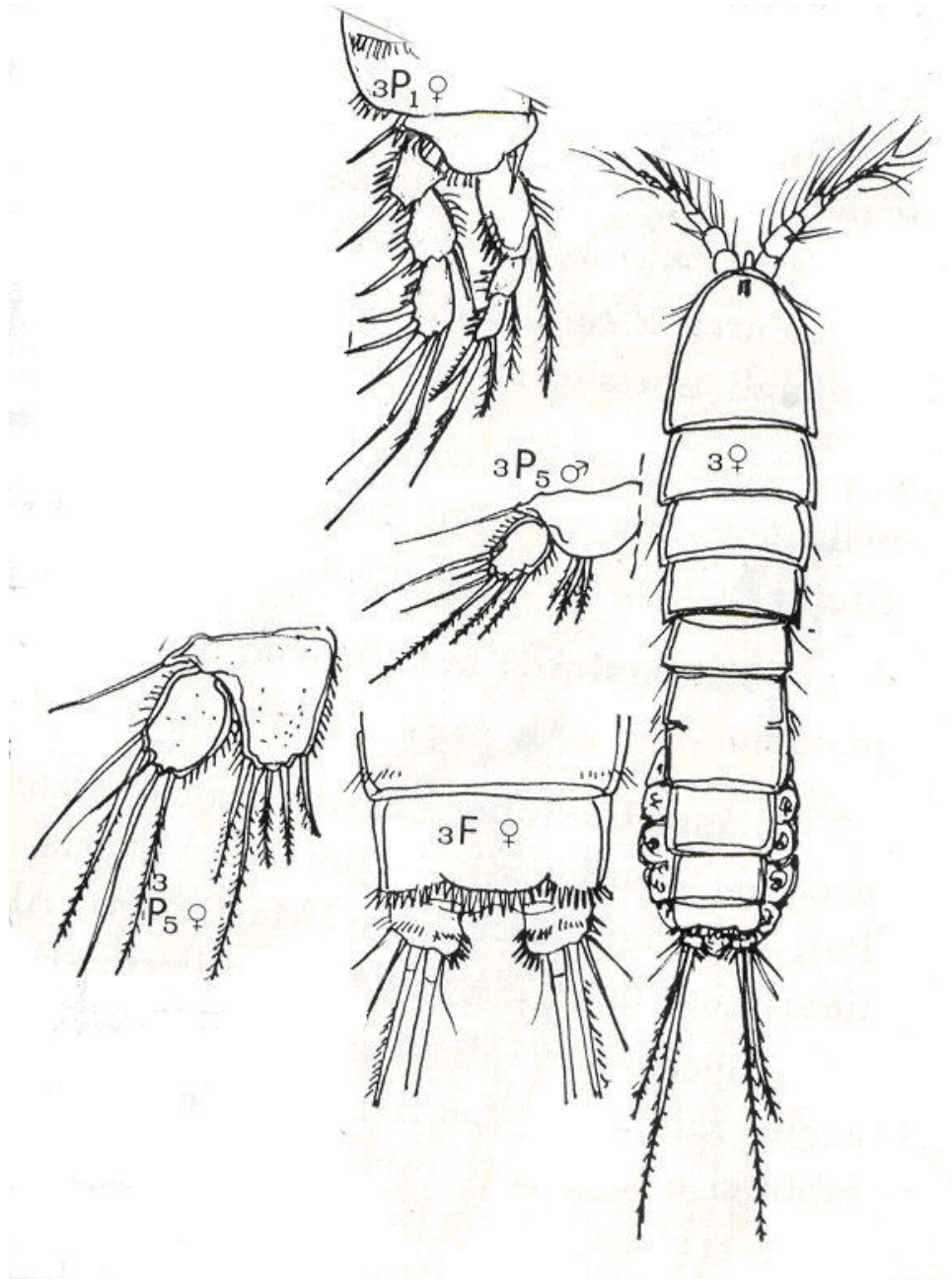
Mesochra baylyi, specie indigena del continente australe, è stata riscontrata in laghi salati effimeri australiani su di un ampio spettro di salinità (De Deckker & Geddes, 1980; Timms, 1981; De Deckker, 1983) e con un limite di tolleranza superiore di 94 PSU in acque iperaline di origine non marina (Bayly, 1970). Arpacticoidi appartenenti al genere *Mesochra* sono stati riscontrati in laghi salati nel Cile, associati ad *Artemia* (Zuniga et al., 1991). Il genere *Mesochra* si adatta alla vita in pozze d'acqua temporanee e soggette a forti variazioni dei parametri chimico-fisici, grazie al fatto che forma degli

stadi di sviluppo immaturi (cisti), resistenti alla disidratazione e agli stress termici e salini (Geddes, 1976).

In lagune costiere della Spagna Mediterranea *Mesochra lilljeborgi* e *Mesochra rapiens* rappresentano una dieta elettiva per il Ciprinodontide eurialino *Aphanius iberus* (Alcaraz & Garcia Berthou, 2006); in particolare la specie *M. lilljeborgi* è stata ritrovata nell'oltre il 95% dei contenuti stomacali di *Aphanius iberus*.

Famiglia Ameiridae

Nitocra spinipes



Morfologia

Corpo snello sublineare, ha la parte anteriore poco più larga della posteriore.

Il segmento cefalico è più corto dei tre successivi segmenti insieme e presenta un rostro sottile.

Il primo paio d'antenne è lungo come il segmento cefalico e gradatamente attenuate distalmente.

Il P1 ha endopodite con primo articolo che raggiunge la lunghezza dei due articoli dell'esopodite riuniti insieme. L'esopodite ha un articolo distale con 5 setole di cui 2 più lunghe e leggermente genicolate.

Il P5 è di forma variabile con esopodite ovale poco più lungo che largo con 5 setole ben sviluppate. L'endopodite presenta anch'esso 5 setole.

Ha furca tanto larga, quanto lunga e lamelle caudali con una serie di spinule agli angoli e sul lato dorsale.

Ecologia

Il genere *Nitocra* comprende soprattutto specie marine, che si adattano anche alla vita in acque dolci interne e salmastre.

È una specie comunemente riscontrata anche in bacini temporanei di sistemi di paludi salmastre, caratterizzati da forte variabilità dei parametri chimico-fisici e diversi fenomeni di disturbo (Quintana et al., 1998).

Nitocra spinipes è stata d'altronde trovata associata anche a macrofite acquatiche come *Halophila ovalis* (Arunachalam & Balakrishnan, 1988) dove compare con frequenze molto elevate. Questo dimostra che il genere *Nitocra* comprende specie con elevate capacità adattative.

All'interno del genere *Nitocra*, la specie *Nitocra lacustris* si segnala per tollerare salinità fino a 140 PSU (Löffler, 1961) ed è una specie marina con notevoli capacità adattative ad ambienti stressati. È stata riscontrata come specie co-dominante in bacini artificiali nel New Jersey caratterizzati da ridottissimi livelli della colonna d'acqua, e in pozze salate nel Deserto del Sahara (Mc Kenzie, 1983).

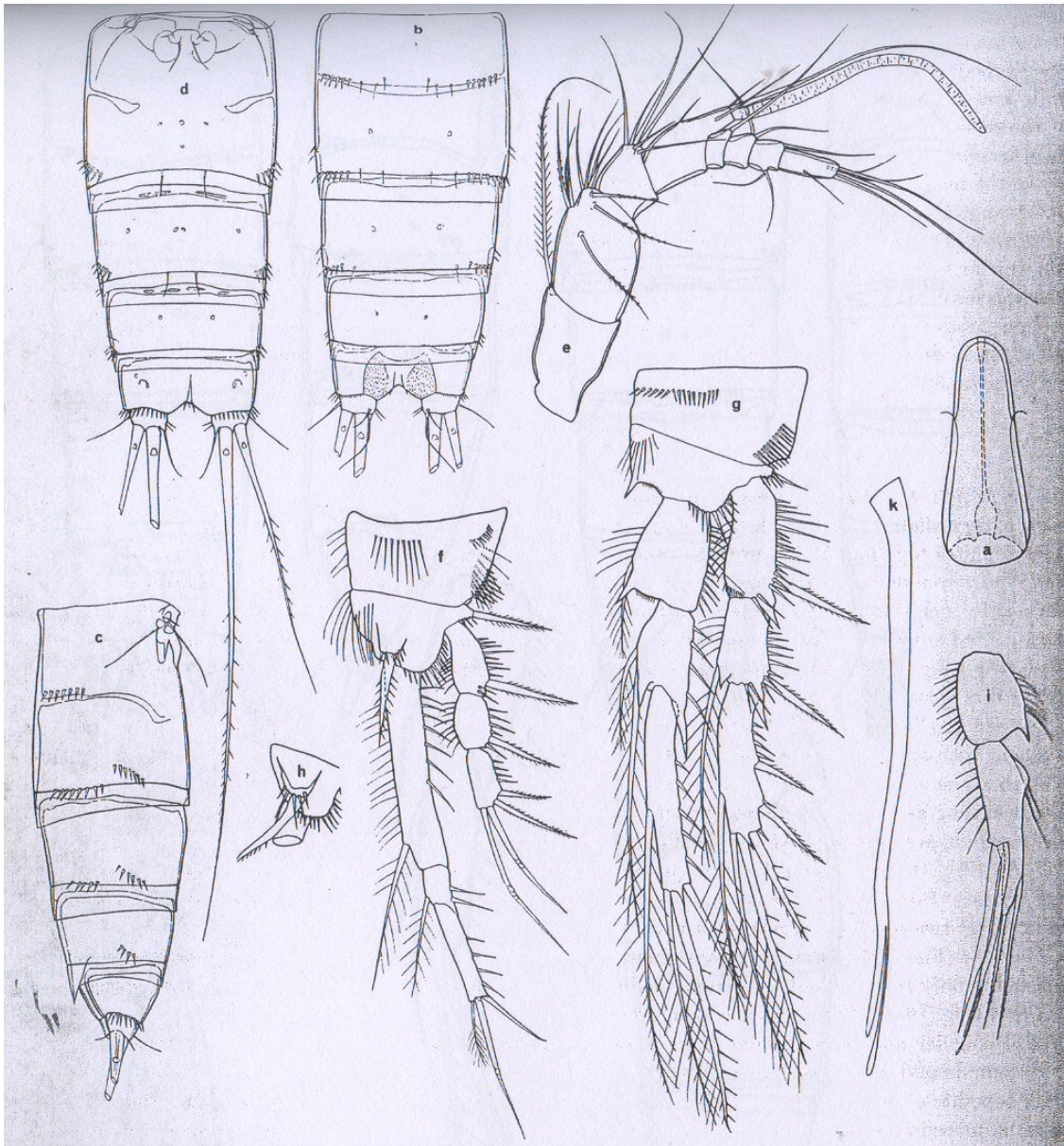
Nitocra spinipes mostra predilezione per le acque interne e salmastre, caratterizzate da forti oscillazioni della salinità. Dal punto di vista alimentare è principalmente un detritivoro (Heip, 1971; Heip 1973) e vive prevalentemente legato al fondo, ma in acque

poco profonde è riscontrato in colonna d'acqua soprattutto in condizioni di turbolenza, per risalita passiva dal fondo.

La specie meiobentonica e detritivora *Nitocra fallaciosa* è stata invece rinvenuta come unica specie di Copepode, nei bacini evaporanti delle lagune iperaline dell'Atollo Laysan, a salinità intorno ai 50,PSU (Caspers, 1982).

Famiglia Miraciidae

Robertgurneya similis



Morfologia

Appartenente alla famiglia Miracidae (ex Diosaccidae) raggiunge lunghezze di circa 0,8 mm.

Il corpo ha una forma tipicamente cilindrica con l'addome che si restringe verso il fondo in maniera appena impercettibile.

Il cefalotorace, fatta esclusione per il rostro, è lungo all'incirca come i tre segmenti successivi.

Rostro prominente e conico.

Antennule corte di otto segmenti.

Furca più corta che larga.

Primo paio di appendici toraciche locomotorie con esopodite a tre segmenti, di cui il primo e il terzo sono quasi uguali, mentre il secondo è leggermente più corto. L'endopodite è di tre segmenti, di cui il primo si estende in lunghezza fino al termine dell'esopodite, il secondo corto e il terzo è tre volte più lungo del secondo.

Presenta 2 paia di sacchi ovigeri.

Ecologia

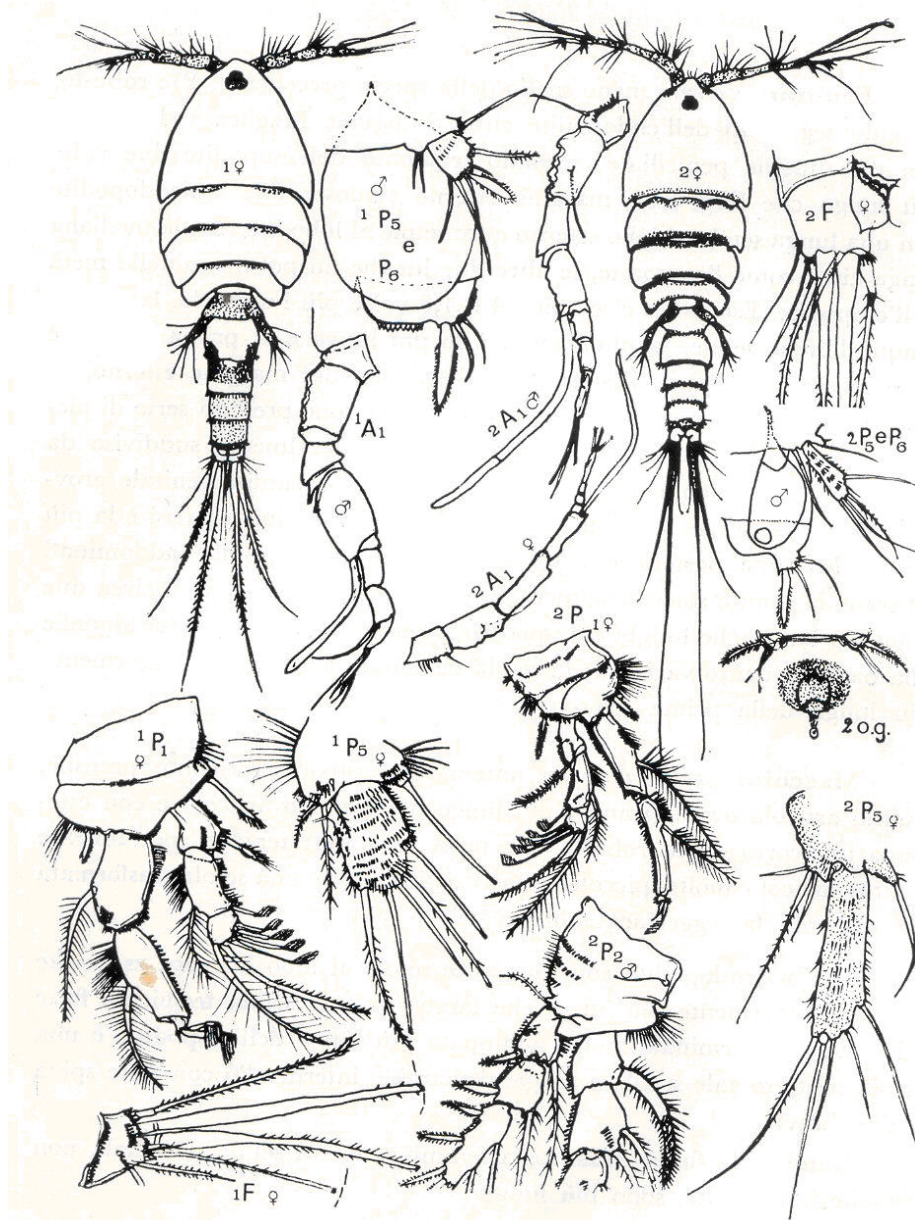
Dal punto di vista ecologico *Robertgurneya similis* non si discosta dagli altri generi della famiglia Miracidae; si trova, in prevalenza, associato con la vegetazione sommersa e nell'epibenthos. Si tratta di una specie marina costiera riscontrabile tra il detrito, le alghe e su sedimento sabbioso fine. In un esperimento su campo volto a testare la capacità di resilienza di Copepodi meiobentonici in una laguna eutrofizzata, si è visto che *Robertgurneya similis* è la specie che ricolonizza l'ambiente più velocemente e con maggiore efficacia (Colangelo et al., 1996).

Robertgurneya similis rappresenta una delle specie dominanti in lagune indiane insieme altri Arpacticoidi, comuni anche nelle Saline di Tarquinia.

È stato dimostrato che il genere *Robertgurneya* ha ottime capacità di risalita in colonna d'acqua dall'epibenthos, sia in ambienti lagunari, sia in prossimità della costa, e queste migrazioni sono causate dalla ricerca del cibo o nella fase precopulatoria (Thistle, 2003).

Famiglia Tisbidae

Tisbe spp



Morfologia

Nel genere *Tisbe* il cefalotorace è più largo che lungo e raggiunge circa 0,3 mm.

L'addome è tipicamente più sottile del cefalotorace e da questo facilmente distinguibile.

Le specie più grandi arrivano fino a 1 mm di lunghezza complessiva.

Il rostro è piuttosto pronunciato.

Il primo paio di appendici locomotorie toraciche ha endopodite ed esopodite a tre articoli.

Quinto paio di appendici locomotorie ha esopodite più lungo che largo.

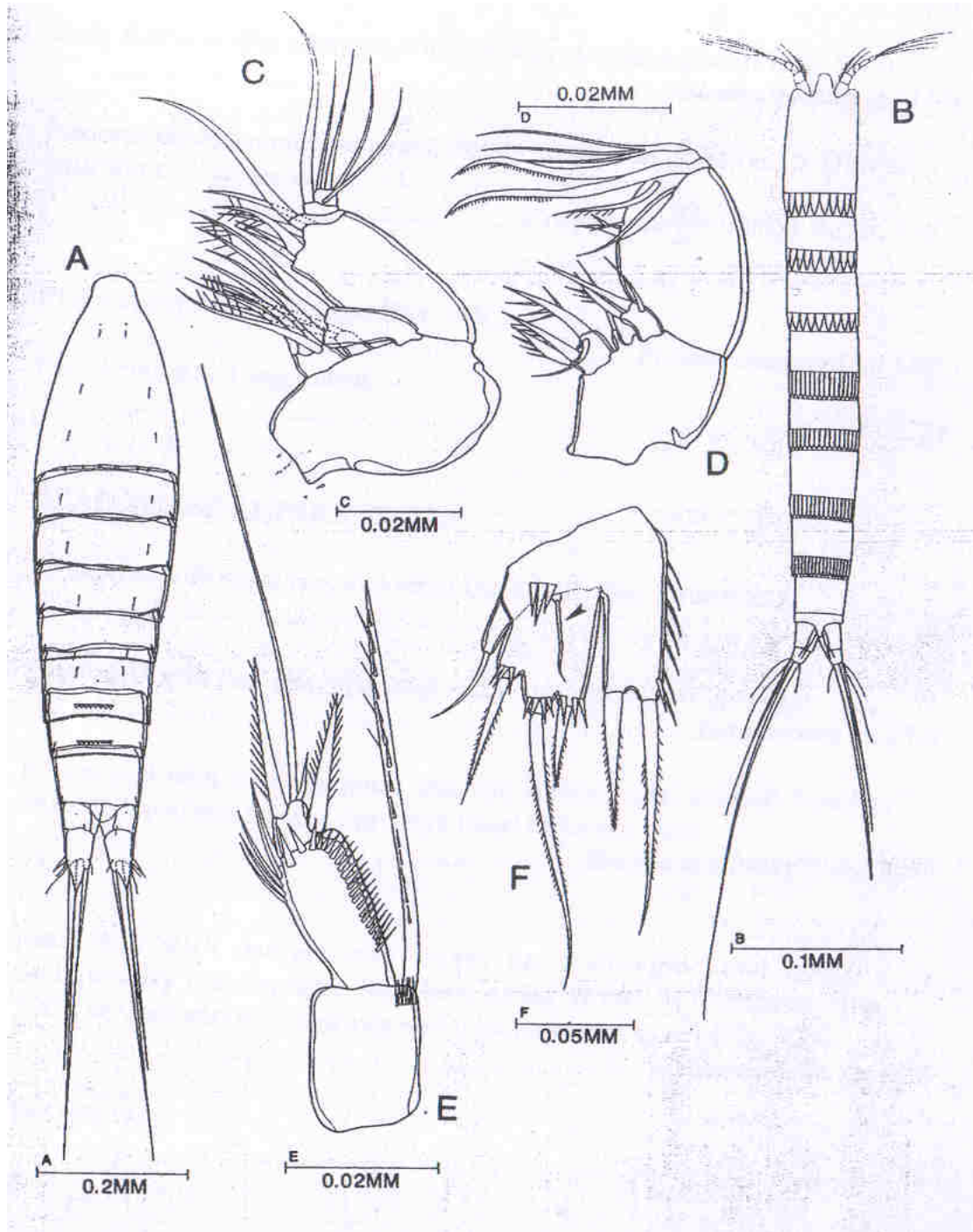
Ecologia

Genere comprendente un elevato numero di specie e particolarmente diffuso in acque marino-costiere e lagunari italiane, di frequente si riscontra nei fondali fangosi tra la vegetazione a *Ulva*, ed *Enteromorpha*. Si presenta con assemblaggi multispecie (da 5 a 12) in diversi sistemi lagunari (Bergmans, 1979). È un genere capace di utilizzare differenti tipi di habitat. È, infatti, ritrovato in colonna d'acqua ed è capace di nuotare; inoltre, grazie alla particolare conformazione corporea, vive in associazione con piante acquatiche fluttuanti o di fondo e si riscontra comunemente nell'epibenthos. Rispetto ad altri taxa marini, il genere *Tisbe* risente meno delle difficili condizioni ambientali che caratterizzano gli ambienti lagunari rispetto al mare; infatti, la diversità in specie è molto simile nei due sistemi. Considerando la sua scarsa tolleranza alle basse concentrazioni d'ossigeno, *Tisbe* non è campionato nel sedimento, se non nell'interfaccia con la colonna d'acqua.

È un genere molto studiato (Fava & Fusari, 1986), ha buone capacità d'adattamento alle variazioni dei parametri chimico-fisici, ma tollera salinità poco superiori a quelle marine. Specie prettamente bentoniche come *Tisbe bulbisetosa*, sono state oggetto di studi eco tossicologici (Dalla Venezia et al., 1996).

Ultimamente il genere *Tisbe* è stato utilizzato, come anche altri Copepodi Arpacticoidi, in acquacoltura come nutrimento per l'allevamento di pesci e in particolare nella costa Nord Occidentale degli Stati Uniti per la produzione dell'Halibut (Davis et al., 2006).

Famiglia Ectinosomidae



Morfologia

Corpo caratteristicamente fusiforme con un cefalotorace triangolare.

Rostro tipicamente ben sviluppato e non definito alla base.

Non c'è chiara distinzione tra prosoma ed urosoma.

Le antennule hanno nelle femmine da 5 a 8 segmenti con segmentazione distale difficile da discernere nelle specie fusiformi.

Ha appendici toraciche locomotorie solitamente di tre segmenti e l'esopodite della prima appendice è privo di setole interne.

Il quinto paio di appendici locomotorie è caratteristico, ha basoendopodite con due setole sul lobo endopodale ed esopodite con tre o quattro setole, delle quali una può essere inserita sulla superficie anteriore dell'esopodite.

Femmine con un solo sacco ovigero.

In tutto il mondo si conoscono 18 generi.

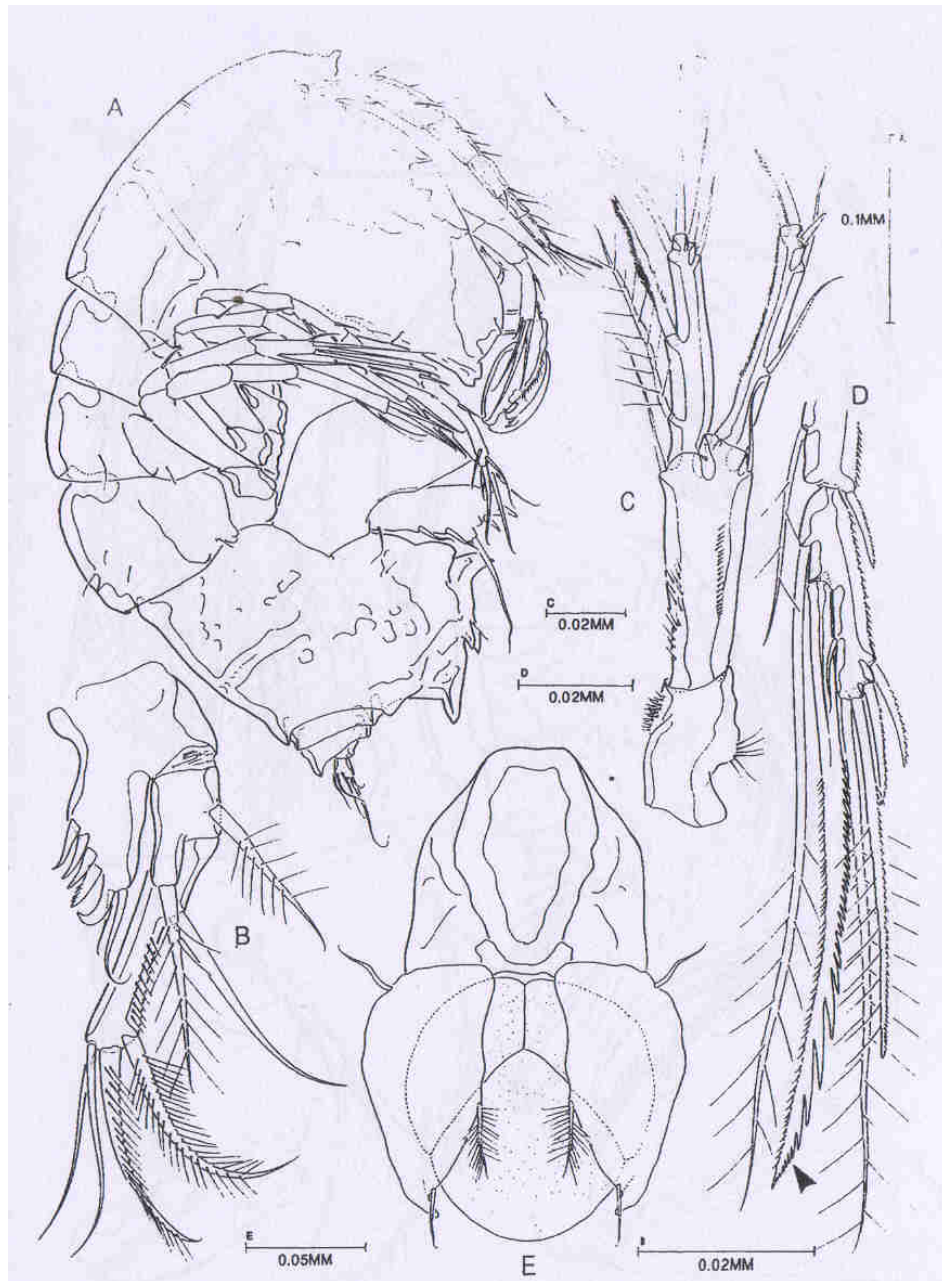
Ecologia

La famiglia Ectinosomidae comprende generi puramente planctonici, come *Microsetella rosea* e generi meiobentonici, come *Ectinosoma* sp, *Halectinosoma* spp.

La specie *Ectinosoma arcticum* è stata riscontrata in lagune salmastre.

La specie *Ectinosoma dentatum*, tipicamente meiobentonica, è stata ritrovata con densità elevate nei sedimenti di ambienti lagunari salmastri (Guerrini et al., 1996).

Famiglia Tegastidae



Morfologia

Corpo molto compresso lateralmente, a forma di anfipode, con tegumento fortemente chitinizzato e ornato in modo variabile.

Cefalotorace profondamente pronunciato ventro-lateralmente, spesso con una striscia chitinosa posteriore che segna la linea di fusione del segmento che porta il P1 col cefalosoma.

Segmento genitale e primo addominale fusi in entrambi i sessi; rami caudali corti con sette setole.

Il primo paio di antenne nelle femmine ha da 6 a 8 segmenti con setole nude.

Primo paio di appendici natatorie con 1 segmento.

Il P5 nelle femmine ha il lobo endopodale del basoendopodite allargato, fogliaceo e l'esopodite è separato.

Le femmine hanno un solo sacco ovigero contenente 3-4 uova.

Al mondo sono conosciuti 5 generi.

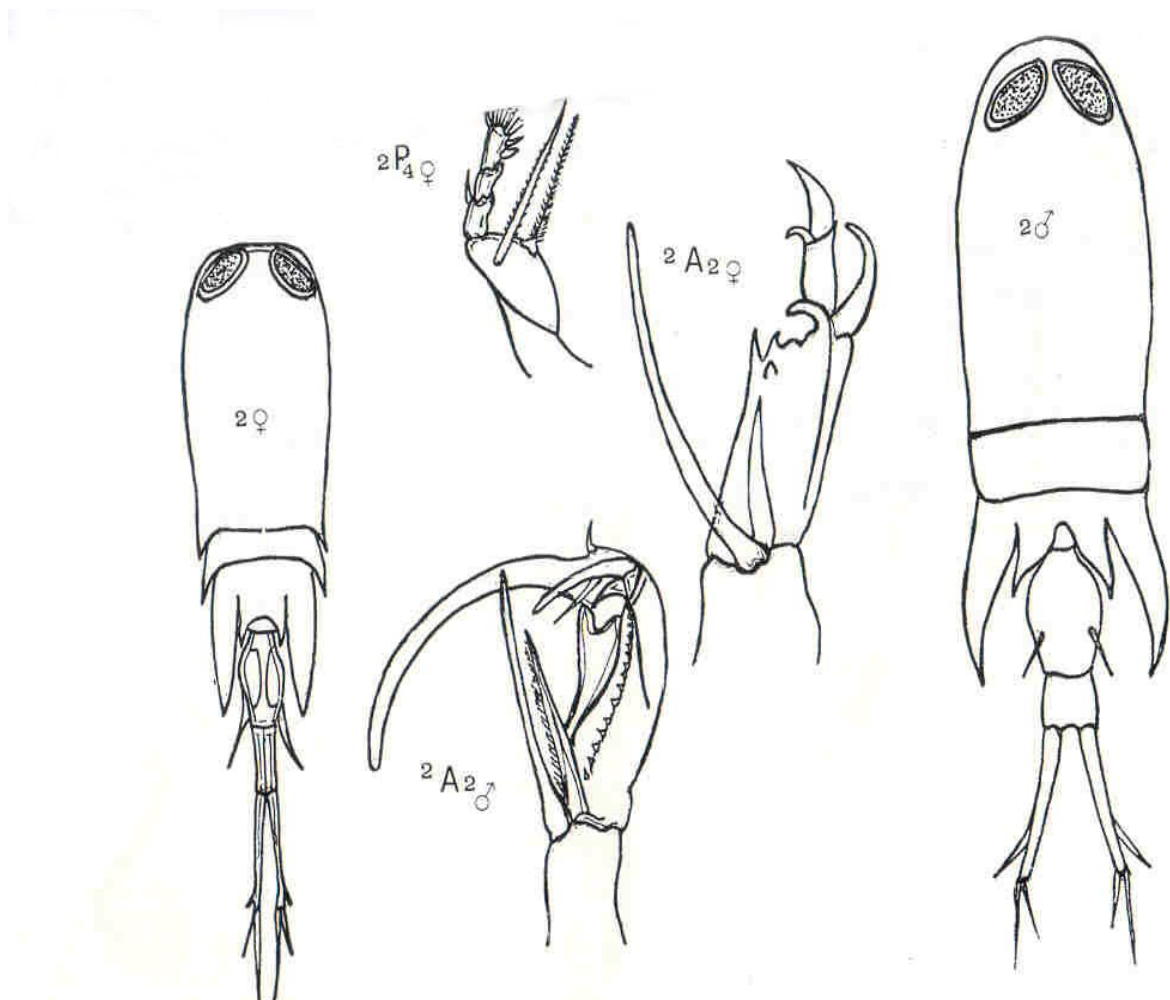
Ecologia

Famiglia comprendente generi e specie con preferenza per il sedimento, ma in certi casi adattati anche vivere associati alla vegetazione sommersa (Chertoprud et al., 2007). *Tegastes* spp è stato riscontrato con frequenza e abbondanze elevate sull'alga rossa *Chondrus crispus* (Steinarsdottir et al., 2003) e sulla macrofita *Halophila ovalis* (Arunachalam & Balakrishnan, 1988).

Specie appartenenti alla famiglia Tegastidae hanno mostrato capacità di migrare in colonna d'acqua, da foglie di praterie di fondo, in bacini poco profondi.

Ordine Poecilostomatoida

Corycaeus spp



Morfologia

Copepode con corpo di forma cilindrico – conica ristretto posteriormente.

Il terzo e il quarto segmento toracico sono corti.

Occhi grandi che, in certe specie, possono essere contigui.

Il primo paio di antenne presenta 6 articoli, di cui il mediano è il più grande e con setole nude.

Le prime tre paia di appendici toraciche natatorie sono di tre articoli, con l'esopodite più grande dell'endopodite.

Il P5 è formato da ciascun lato da 2 piccole setole.

L'addome presenta due soli segmenti.

La furca presenta lamelle ispessite, di varia lunghezza e con quattro setole.

Ecologia

Genere tipicamente euplanctonico, può essere ritrovato anche in lagune con connessione al mare, come nel caso della specie *Corycaeus speciosus* (Al-Aidaroos & Ghazali, 1998) o delle specie *C. flaccus*, *C. latus* e *C. tenuis*.

Artemia salina



Morfologia

Presenta il capo con un occhio dorsale naupliare e altri due occhi composti peduncolari disposti lateralmente.

Due paia di antenne. Le prime, cilindriche e sottili sono identiche nei due sessi, le seconde variano notevolmente tra maschi e femmine. Nei maschi sono bi articolate e accompagnate da appendici di varia morfologia, spesso sono foggiate a pinza per l'aggancio della femmina durante la copula. Nelle femmine sono molto meno sviluppate.

La regione toracica è costituita da 11 a 19 segmenti metamerici, muniti di altrettante appendici fillopodiali provviste di numerose setole.

I primi due segmenti addominali sono fusi a formare la regione genitale, sede dell'apparato riproduttore esterno.

L'apparato riproduttore nei maschi è costituito da 2 peni estroflettibili disposti in posizione latero-ventrale, mentre nelle femmine è rappresentato da un sacco ovigero ventrale, tondeggianti o fusiforme.

Ecologia

Artemia salina appartiene ai Crostacei Anostraci, un ordine abbastanza primitivo, infatti, tra i suoi caratteri distintivi si annovera un elevato numero di segmenti metamerici, appendici fillopodiali e gangli nervosi ventrali distinti.

Questa specie è tipica di Saline in esercizio o abbandonate, mentre è più difficile trovarla in lagune costiere naturali salmastre.

È stata riscontrata in un intervallo di salinità 240-357 PSU come unico componente dello zooplankton (Del Castillo & Farfan, 1997) e nelle Saline di Alviso in un intervallo di salinità tra 70 e 175 PSU.

Artemia salina è l'unico invertebrato che può vivere e adattarsi a salinità così elevate, questa capacità è data da un sistema fisiologico che gli permette di mantenere la composizione del mezzo salino a livelli fisiologici, pur vivendo in un mezzo iperalino. Se *Artemia salina* è trasferita a salinità prossime a quelle marine o minori, questo sistema osmotico smette di funzionare e *Artemia* perde in competitività.

Artemia salina scompare a salinità basse anche per la facilità con cui è predato da pesci e uccelli.

Fabrea salina (Henneguy, 1890)



Morfologia

Protozoo Ciliato Eterotrico piriforme che raggiunge dimensioni di 200-300 μm .

Presenta vacuoli digestivi.

Presenza di pigmenti fotosensori.

Ottime capacità natatorie.

Fototassi positiva.

Specie detritivora.

Ecologia

Questo Protozoo Ciliato Eterotrico è riscontrato principalmente in acque a elevata salinità (Post et al., 1983; Yufera, 1985) e si sviluppa nei bacini maggiormente confinati (Yufera, 1985).

La sua presenza è stata riscontrata in diverse Saline, tra cui quelle di Cadice, in cui la sua abbondanza aumenta notevolmente nei periodi in cui nelle Saline sono bloccati i passaggi d'acqua da una vasca all'altra, e arriva a costituire fino al 95% del totale dello zooplancton (Yufera, 1985).

Nelle Saline di Sfax (Elloumi et al., 2006) *Fabrea salina* è prevalente soprattutto a salinità comprese tra 90 e 170 PSU e, le sue abbondanze, mostrano correlazioni negative con quelle di *Artemia salina*.

Fabrea salina è stata riscontrata con grandi densità, d'estate, in condizioni di salinità elevate in stagni costieri mediterranei in Spagna (Rodrigo et al., 2001) e nelle Saline di Alviso in California (Carpelan, 1957). Questo conferma la sua predilezione per condizioni ambientali estreme. *Fabrea salina* colonizza anche laghi salati effimeri sempre in condizioni di elevata salinità, raggiungendo la sua massima densità e biomassa durante le stagioni calde (Garcia & Niell, 1993).

Il limite di tolleranza alla salinità per *Fabrea salina* è di circa 170 PSU, valore, oltre il quale, nessuna cellula vitale è mai stata osservata. Per quanto riguarda la dieta, si nutre prevalentemente dell'alga *Dunaliella salina* e di detrito. *Fabrea salina* sviluppa anche delle cisti che sopravvivono a salinità molto elevate, ma in un intervallo minore rispetto all'adulto (Post et al., 1983).

Brachionus plicatilis



(Foto: J.B.Leonardsen)

Morfologia

Lunghezza che varia tra i 100 e i 340 μm , è formato approssimativamente da 1000 cellule che nell'adulto diventano sinciziali.

La struttura del corpo è divisa in tre parti: testa, tronco e piede.

La testa porta l'organo rotatorio o corona, composta di due bande ciliate dette 'trochus' e il *cingulum*. La corona retrattile permette la locomozione e un movimento a mulinello nell'acqua che facilita l'assunzione di piccole particelle di cibo.

Si muove nuotando o strisciando.

Ecologia

È uno dei Rotiferi marini con maggiore tolleranza alle variazioni di salinità. (Hammer, 1986).

È stato riscontrato con densità alte e inversamente proporzionali alla torbidità delle acque anche in laghi salati (Timms, 1997).

Nelle Saline di Alviso, in California, *Brachionus plicatilis* è il Rotifero predominante in stazioni a salinità comprese tra 52 e 60 PSU (Carpelan, 1957).

APPENDICE 2

Fotografie di organismi zooplanctonici delle Saline di Tarquinia



Artemia salina



Fabrea salina



Acartia clausi



Pseudocyclops umbraticus



Canuella perplexa



Eudactylopus spectabilis



Harpacticus spp



Diarthrodes spp



Mesochra pygmaea



Nitocra spinipes



Robertgurneya similis



***Tisbe* spp**



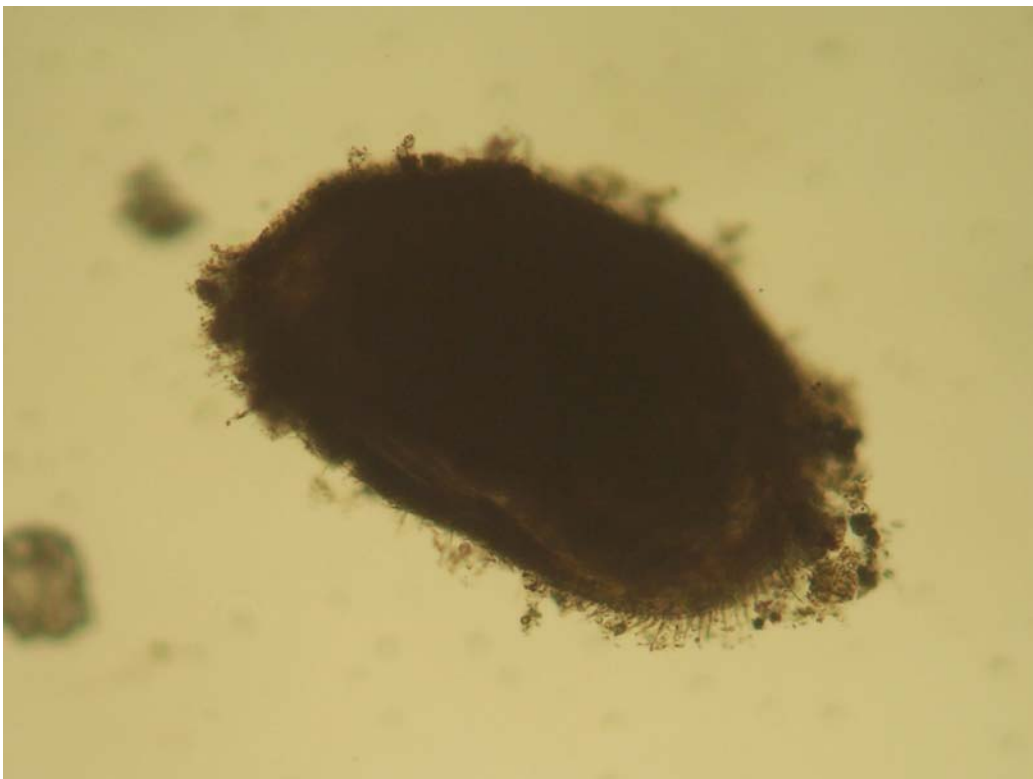
Euterpina acutifrons



Cyclopina gracilis



***Oithona* spp**



Ostracode



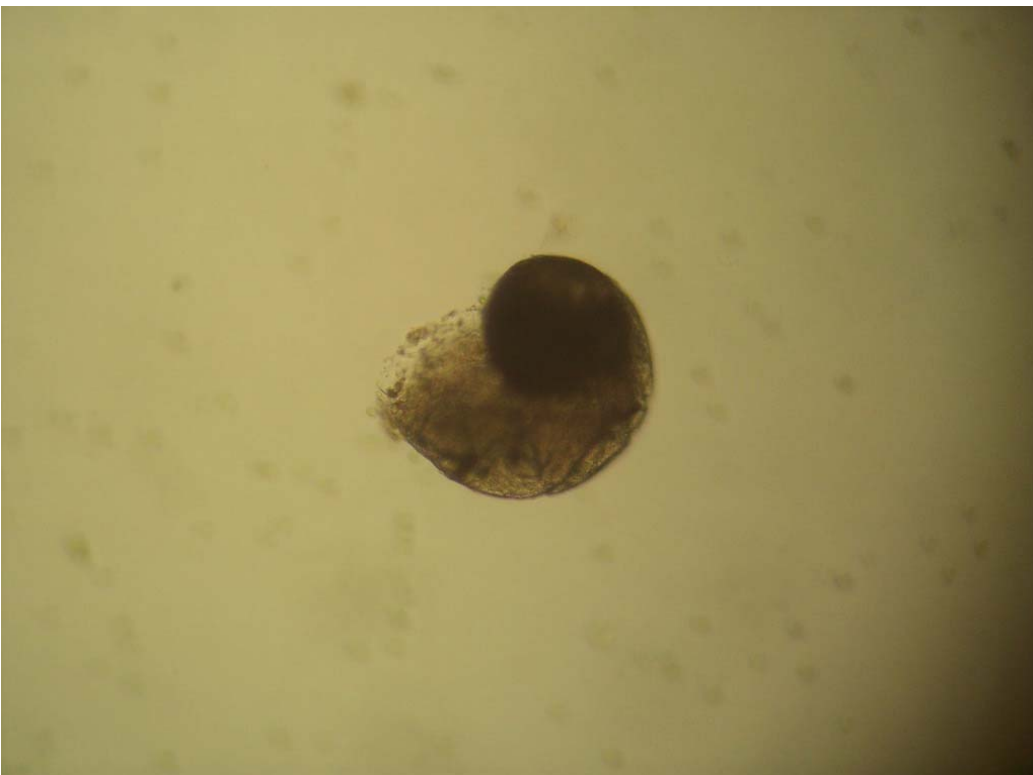
Larva di Polichete



Larva di Cirripede



Larva di Decapode



Larva di Gasteropode



Larve di Lamellibranchi



Naupli di Copepodi

APPENDICE 3

Matrice di dati utilizzata per le analisi statistiche

taxon	Meso	ncop	Tisb	Nito	Robe	Harp	Cycl	llam	lpol	Hete	Euda	Acar	Canu	Arpa	Ostr	lcir	lgas
S1APR06	0,001	1,409	0,019	0,008	0,012	0,000	0,343	14,224	5,061	0,008	1,484	11,514	0,000	0,047	0,000	0,109	0,000
S1MAG06	0,055	3,751	0,023	0,000	0,258	0,037	0,286	1,778	0,942	0,020	1,308	9,723	0,378	0,118	0,000	0,019	0,000
S1GIU06	0,146	4,763	0,020	0,000	0,562	2,638	0,376	1,762	2,138	0,048	80,753	78,637	0,000	0,000	0,000	0,212	0,000
S1LUG06	0,016	6,331	0,117	0,000	0,125	4,838	0,426	2,779	1,144	0,000	25,539	19,616	0,000	0,000	0,000	0,055	0,000
S1AGO06	1,329	7,840	0,000	0,004	4,158	0,381	1,550	4,003	2,103	0,002	105,504	6,439	0,000	0,017	9,510	0,000	0,000
S1SET06	0,088	4,208	67,550	0,008	2,798	1,112	12,736	1,968	0,819	0,010	127,276	0,000	0,000	0,000	1,884	0,000	0,000
S1OTT06	0,005	0,868	10,879	0,000	0,402	1,154	38,375	4,433	5,508	0,005	19,782	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1NOV06	0,003	0,037	2,927	0,008	0,380	0,437	4,949	0,000	19,207	0,003	22,399	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1DIC06	0,000	0,151	0,092	0,000	0,055	0,038	5,843	0,000	1,272	0,003	2,120	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1GEN07	0,000	0,099	0,321	0,000	0,190	0,094	7,296	0,000	0,221	0,000	7,736	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1FEB07	0,007	0,633	2,806	0,000	0,202	0,028	20,371	0,022	1,941	0,000	13,247	0,049	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
S1MAR07	0,000	1,045	3,986	0,000	4,716	0,038	9,223	0,004	13,037	0,126	184,820	0,000	0,000	0,135	0,335	0,000	0,000
S1APR07	0,000	2,733	4,079	0,000	3,095	0,075	30,259	1,057	6,895	0,116	39,564	0,115	0,000	0,257	0,000	0,019	0,000
S1MAG07	0,000	0,492	6,714	0,031	1,361	0,603	9,699	0,228	8,139	0,010	22,043	0,000	0,000	0,473	0,670	0,000	0,350
S1GIU07	0,000	0,553	5,717	0,000	1,709	3,919	3,019	0,157	1,281	0,965	175,495	0,000	0,000	0,216	0,837	0,000	0,339
S1LUG07	0,525	1,346	0,656	0,000	2,817	1,356	6,609	0,010	0,414	0,874	94,954	0,000	0,000	0,135	1,005	0,000	0,191
S1AGO07	7,524	5,989	0,079	0,000	30,132	1,055	0,392	0,000	0,000	0,985	52,140	0,000	0,000	0,216	9,546	0,000	0,233
S1SET07	0,864	0,517	0,000	0,000	6,710	0,000	0,000	0,888	0,678	0,512	2,543	0,000	0,000	0,000	7,536	0,000	0,138
S2OTT06	0,005	2,834	28,533	0,000	1,092	0,038	0,059	24,115	0,848	0,221	1,272	1,619	0,765	0,074	0,000	0,728	0,000
S2NOV06	0,005	7,717	10,700	0,015	0,791	0,151	0,306	4,991	0,433	0,005	0,000	1,727	0,510	0,054	0,000	0,226	0,000
S2DIC06	0,016	1,437	1,088	0,246	0,981	0,151	0,862	1,373	0,810	0,000	0,000	1,295	0,128	0,014	0,000	0,035	0,000
S2GEN07	0,014	0,053	0,511	0,008	0,467	0,038	1,937	1,809	0,349	0,008	0,000	0,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2FEB07	0,000	0,774	3,540	0,000	1,978	0,000	5,040	1,214	2,223	0,070	3,815	0,108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2MAR07	0,025	3,256	0,682	0,008	0,419	0,057	6,751	0,287	0,622	0,045	0,848	1,198	0,383	0,051	0,005	0,030	0,000
S2APR07	0,022	4,702	1,010	0,015	1,978	2,185	0,874	4,287	0,603	0,151	0,000	9,067	3,062	0,068	0,000	0,071	0,000
S2MAG07	0,000	0,522	0,275	0,000	2,722	7,611	0,119	0,787	0,094	0,060	3,391	0,389	0,128	0,047	0,000	0,000	0,005
S2GIU07	0,000	0,020	0,131	0,000	1,804	2,110	0,244	0,105	0,000	0,593	3,815	0,000	0,255	0,041	0,837	0,007	0,127
S2LUG07	0,033	0,082	0,052	0,015	0,902	1,017	0,229	0,156	0,019	0,221	1,696	0,000	0,255	0,020	0,167	0,000	0,032

taxon	Meso	ncop	Tisb	Nito	Robe	Harp	Cycl	llam	lpol	Hete	Euda	Acar	Canu	Arpa	Ostr	lcir	lgas
S2AG O07	0,055	0,734	0,000	0,000	0,728	0,151	0,208	1,398	0,038	0,070	0,000	0,000	0,255	0,000	0,000	0,007	0,074
S2SE T07	0,000	0,148	0,026	0,000	0,633	0,000	0,119	0,157	0,000	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,032
S3AP R06	0,188	0,526	0,605	0,000	0,000	4,205	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,304	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3M AG06	0,540	0,000	0,159	0,000	0,000	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AG O06	0,955	0,290	0,000	0,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3SE TT06	1,167	0,561	0,000	3,735	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,276	0,000	0,000	0,000	0,000
S3OT T06	10,11 0	0,025	0,000	6,438	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,536	0,000	0,000	0,000	0,000
S3NO V06	2,592	0,047	0,233	6,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000	0,000
S3DI C06	3,068	0,352	0,000	1,184	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3GE N07	6,737	0,080	0,000	0,111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,653	1,021	0,000	0,000	0,000	0,000
S3FE B07	9,274	0,070	0,000	8,548	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,302	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3M AR07	13,38 6	0,618	0,000	3,659	0,000	0,000	0,000	2,495	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AP R07	16,27 4	0,779	0,000	6,334	0,000	0,000	0,000	1,281	0,000	0,000	0,000	0,302	0,000	0,000	0,837	0,000	0,064
S3M AG07	2,209	0,000	0,000	1,783	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,062	0,000	5,359	0,000	0,000
S3AG O07	2,034	0,121	0,000	14,63 6	0,380	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,041	0,000	0,000	0,000	0,021
S4AP R06	0,088	8,148	0,440	0,000	0,000	0,000	0,000	0,736	0,000	0,000	0,000	13,13 5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4M AG06	0,848	0,000	0,197	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,284	0,000	0,000	0,000	0,000
S4AG O06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4SE T06	0,014	0,000	0,000	0,440	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,191	0,000	0,000	0,000	0,000
S4OT T06	0,130	0,000	0,000	7,774	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,008	0,000	0,000	0,000	0,000
S4NO 06	0,292	0,000	0,000	2,581	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4DI C06	0,246	0,000	0,000	3,371	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4GE N07	0,227	0,000	0,000	1,737	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4FE B07	0,350	0,000	0,000	2,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4M AR07	0,569	0,000	0,000	4,981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4AP R07	9,187	0,264	0,000	2,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4M AG07	3,106	0,000	0,000	7,810	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

taxon	Fora	Clyt	Ecti	Diar	Pseu	Eute	Long	lDec	Tega	CoPa	Cori	Oith	eggs	Sifo	Enhy	BrPI
S1AP R06	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,014	0,317	0,494	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1M AG06	0,000	0,040	0,005	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
S1GI U06	0,000	0,215	0,003	0,000	0,000	0,119	0,000	2,000	0,000	0,004	0,022	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000
S1LU G06	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	2,828	0,000	1,679	0,000	0,003	0,000	0,273	0,000	0,000	0,000	0,000
S1AG O06	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	6,054	0,537	2,370	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1SE T06	0,000	0,000	0,000	0,979	0,000	0,000	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1OT T06	0,000	0,000	0,008	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1NO V06	0,000	0,000	0,005	0,194	0,235	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1DI C06	0,000	0,000	0,000	0,037	0,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1GE N07	0,000	0,000	0,000	0,651	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1FE B07	0,000	0,000	0,000	0,332	0,396	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1M AR07	0,000	0,000	0,010	2,825	0,557	0,006	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	5,600	0,000	0,000
S1AP R07	0,171	0,000	0,000	0,000	1,578	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	1,422	0,000	0,000
S1M AG07	0,112	0,074	0,010	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,009	0,028	0,000	0,000	0,938	0,000	0,000	0,000
S1GI U07	0,000	0,000	0,010	0,000	0,035	0,000	0,396	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S1LU G07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,670	0,000	0,000	0,000
S1AG O07	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,670	0,000	0,000	0,000
S1SE T07	0,096	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2OT T06	0,000	0,000	0,025	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2NO V06	0,000	0,012	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2DI C06	0,000	0,037	0,015	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2GE N07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2FE B07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,198	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2M AR07	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,400	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
S2AP R07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2M AG07	0,032	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2GI U07	0,224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2LU G07	0,096	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

taxon	Fora	Clyt	Ecti	Diar	Pseu	Eute	Long	lDec	Tega	CoPa	Cori	Oith	eggs	Sifo	Enhy	BrPI
S2AG O07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S2SE T07	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AP R06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3M AG06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AG O06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3SE TT06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3OT T06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3NO V06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3DI C06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3GE N07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3FE B07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3M AR07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AP R07	0,416	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3M AG07	0,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S3AG O07	0,192	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4AP R06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,272
S4M AG06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4AG O06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4SE T06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4OT T06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4NO 06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4DI C06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4GE N07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4FE B07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4M AR07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4AP R07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S4M AG07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Legenda della matrice dati

Meso	<i>Mesochra pygmaea</i>
ncop	Naupli di Copepodi
Tisb	<i>Tisbe</i> spp
Nito	<i>Nitocra spinipes</i>
Robe	<i>Robertgurneya similis</i>
Harp	<i>Harpacticus</i> spp
Cycl	<i>Cyclopina gracilis</i>
Ilam	Larve di Lamellibranchi
Ipol	Larve di Policheti
Hete	<i>Heterolaophonte</i> spp
Euda	<i>Eudactylopus spectabilis</i>
Acar	<i>Acartia clausi</i>
Canu	<i>Canuella perplexa</i>
Arpa	Arpacticoidi non identificati
Ostr	Ostracodi
Icir	Larve di Cirripedi
Igas	Larve di Gasteropodi
Fora	Foraminiferi
Clyt	<i>Clytemnestra rostrata</i>
Ecti	Ectinosomidae
Diar	<i>Diarthrodes</i> spp
Pseu	<i>Pseudocyclops umbraticus</i>
Eute	<i>Euterpina acutifrons</i>
Long	<i>Longipedia coronata</i>
IDec	Larve di Decapodi
Tega	Tegastidae
CoPa	Copepodi parassiti
Cori	<i>Corycaeus</i> spp
Oith	<i>Oithona</i> spp
eggs	Uova
Sifo	Idrozoi Sifonofori
Enhy	<i>Enhydrosoma propinquum</i>
BrPI	<i>Brachionus plicatilis</i>

Bibliografia

- Abu-Rezq T. S., Yule A. B. and Teng S. K., 1997. Ingestion, fecundity, growth rates and culture of the harpacticoid copepod, *Tisbe furcata*, in the laboratory. *Hydrobiologia* 347: 109-118.
- Al-Aidaros A.M.; Ghazali, F.M., 1998. Zooplankton of highly eutrophic, sewage polluted coastal lagoons off Jeddah, central Red Sea. *Journal of King Abdulaziz University. Marine sciences. Jeddah [J. King Abdulaziz Univ. (Mar. Sci.)]*. 9: 131-148.
- Alcaraz C. & Garcia-Berthou E., 2006. Food of an endangered cyprinodont (*Aphanius iberus*): ontogenetic diet shift and prey electivity. *Environmental Biology of Fishes* 78: 193-207.
- Alfinito S., Iberite M., Fumanti B., 1990. The algal microflora of salt works of Tarquinia (Italy). *Hydrobiologia* 203: 137-146.
- Allavena S., Zapparoli M., 1992. Gestione e tutela della Riserva Naturale di Popolamento Animale Salina di Tarquinia. In: '*L'ambiente della Tuscia Laziale*.' a cura di M. Olmi e M. Zapparoli: 189-192.
- Allavena S., Zapparoli M., 1992. Aspetti faunistici della Riserva Naturale di Popolamento Animale Salina di Tarquinia e aree adiacenti. In: '*L'ambiente della Tuscia Laziale*': 209-216.
- Alheit J. and Scheibel W., 1982. Benthic harpacticoids as a food source for fish. *Marine Biology* 71: 141-147.
- Arroyo N.L., Maldonado M., Walters K., 2006. Within and between plant distribution of harpacticoid copepods in a North Atlantic bed of *Laminaria ochroleuca*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 86: 309-316.
- Arroyo N.L., Aarnio K., Ólafsson E., 2007. Interactions between two closely related phytal harpacticoid copepods, asymmetric positive and negative effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 341: 219-227.
- Arunachalam M. & Balakrishnan Nair N., 1988. Harpacticoid copepods associated with the seagrass *Halophila ovalis* in the Ashtamudi Estuary, south-west coast of India. *Hydrobiologia* 167/168: 515-522.
- Bartulovic V., Lucic D., Conides A., Glamuzina B., Dulcic J., Hafner D., Batistic M., 2004. Food of sand smelt *Atherina boyeri* Risso (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva river (middle eastern Adriatic, Croatia). *Scientia Marina* 68: 597-603.

- Buffan-Dubau E. & Castel J., 1996. Diel and seasonal vertical distribution of meiobenthic copepods in muddy sediments of a eutrophic lagoon (fish ponds of Arcachon Bay). *Hydrobiologia* 329: 69-78.
- Bell S.S., Walters, K., Hall, M.O., 1987. Habitat utilization by harpacticoid copepods: a morphometric approach. *Marine Ecology Progress Series* 35: 59-64.
- Benemann J.R., 1990. Microalgae products and production: an overview. *Dev. Ind. Microbiol.* 31: 247-256.
- Bergmans M., 1979. Taxonomic notes on species of *Tisbe* (Copepoda, Harpacticoida) from a Belgian sluice dock. *Zool. Scr.* 8: 211-220.
- Bianchi F., Acri F., Bernardi Aubry F., Berton A., Boldrin A., Camatti E., Cassin D., Comaschi A., 2003. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice? *Marine Pollution Bulletin* 46: 964-971.
- Bonaldo A., Serratore P., Gatta P.P., 2002. Biologia e allevamento del rotifero *Brachionus plicatilis*: a review. *Il Pesce*.
- Borowitzka M.A., 1997. Microalgae for aquaculture: opportunities and constraints. *J. Appl. Phycol.* 9: 393-401.
- Buffan-Dubau E. & Castel J., 1996. Diel and seasonal vertical distribution of meiobenthic copepods in muddy sediments of a eutrophic lagoon (fish ponds of Arcachon Bay). *Hydrobiologia* 329: 69-78.
- Buskey E.J., Wysor B., Hyatt C., 1998. The role of hypersalinity in the persistence of the Texas brown tide in the Laguna Madre. *Journal of Plankton Research* 20: 1553-1565.
- Campbell, C.E. 1995. Temporal salinity variation in salt evaporation basins in South-eastern Australia. *International Journal of Salt Lake Research* 4: 45-55.
- Caraballo M.B., 1978. Taxonomia y aspectos ecologicos de las Copepodos de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita. *Laguna (Venezuela)* 41-42: 76-77.
- Carli A. & Crisafi P. 1983. Copepodi lagunari. Genova,. 8° br. Consiglio Nazionale delle Ricerche pp. 124 con 27 fig. n.t.
- Carpelan L.H., 1957. Hydrobiology of The Alviso Salt Ponds. *Ecology* 38/3: 375-390.
- Caspers H., 1981. On the ecology of hypersaline lagoons on Laysan Atoll and Kauai Island, Hawaii, with special reference to the Laysan duck, *Anas laysanensis* Rothschild. *Hydrobiologia* 81\82: 261-270.

- Ceccherelli V.U. & Ferrari I., 1982. Annual and Seasonal variations of zooplankton in a shallow-water lagoon system, the Valli di Comacchio. *Estuarine coastal and shelf science* 14: 337-350.
- Ceccherelli V.U. & Mistri M., 1991. Production of the meiobenthic harpacticoid copepod *Canuella perplexa*. *Marine Ecology Progress Series* 68: 225-234.
- Cheng L., 1991. Proceedings of the International Symposium on Biotechnology of Salt Ponds, Tanggu, Tianjin, P.R. China, 18– 21 September 1990. Salt Research Institute, Ministry of Light Industry, Tianjin, 283 pp.
- Chertoprud E.S, Chertoprud M.V., Garlitskaya L.A., Azovsky A.I., Kondar D.V., 2007. Spatial variability of the structure of the Harpacticoida (Copepoda) crustacean assemblages in intertidal and shallow-water zones of European seas. *Oceanology* 47: 51-59.
- Chojnacki J.C, Machula S., Orłowski A., 2007. Spatial and temporal variability of Copepoda in the pelagic zone of the Pomeranian Bay (2001-2003) *Oceanological and Hydrobiological Studies* 35: 29-54.
- Clavero M., Blanco-Garrido F., Prenda J., 2007. Population and microhabitat effects of interspecific interactions on the endangered Andalusian toothcarp (*Aphanius baeticus*) *Environ Biol Fish* 78: 173–182.
- Colombo G., Ceccherelli V.U., Ferrari I., 1984. Lo zooplancton delle lagune. *Nova Thalassia* 6: 185-200.
- Cornelius S.E., 1984. An ecological survey of Alazan Bay, Texas. Technical Bulletin No. 5. Texas A and I University, Kingsville.
- Conover R.J., 1961. A study of Charlestown and Green Hill Ponds, Rhode Island. *Ecology* 42: 19-140.
- Coull B.C. & Feller R.J., 1988. Site-to-site variability in abundance of meiobenthic copepods along a tidal gradient over 24 hours. *Hydrobiologia* 167-168: 477-485.
- Crisman T.L., 1999. Conservation of Mediterranean coastal saline ecosystems: the private sector role in maintaining ecological function. Symposium on “Saltwork: Preserving Saline Coastal Ecosystems”, Global Nest “Hellenic saltworks.
- Cristoni C., Colangelo A., Ceccherelli V.U., 2004. Spatial scale and meiobenthic copepod recolonisation: testing the effect of disturbance size in a seagrass habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 298: 48-70.
- Dahms H.U. & Qian Pei-Yuan, 2004. Drift-pump and drift-net—two devices for the collection of bottom-near drifting biota. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 301: 29-37.

- Dalla Venezia L., Fossato V.U., Campesan G., 1996. Sedimenti lagunari: prove di tossicità sul copepode bentonico *Tisbe bulbisetosa*. *Biologia Marina Mediterranea* 3: 501-503.
- Davis J.S., 1978. Biological communities of a nutrient enriched salina. *Aquatic Botany* 4: 23-42.
- Davis J.S., 1999. Text of an invited post-conference contribution presented orally at Pythagorion, Samos, Greece, 2 September 1999.
- Davis J.S., 2006. Biological And Physical Management Information For Commercial Solar Saltworks (Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 06) Santorini Island, Greece, 20-22 October 2006.
- De Deckker P. & Geddes M.C., 1980. Seasonal Fauna of Ephemeral Saline Lakes near the Coorong Lagoon, South Australia. *Aust. J. Mar Freshwater Res.* 31: 677-699.
- De Wit R. & Grimalt J.O., 1992. Microbial Ecosystems In Spanish Coastal Salinas; An Ecological And Geochemical Study Of Biomarkers. *Limnetica* 8: 205-212.
- Debenay J.P., Geslin E., Beck Eichler B., Duleba W., Sylvestre F., Eichler P., 2001. Foraminiferal Assemblages in a Hypersaline Lagoon, Araruama (r.j.) Brazil. *The Journal of Foraminiferal Research* 31: 133-151.
- Defaye D. & Dussart B.H., 1995. Copepoda. Introduction to the Copepoda. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 7 (Coordinating editor: H. J. F. Dumont) 277 pp., 20+131 figs. 4 tabs.
- Del Castillo Arias E. & Farfan C., 1997. Hydrobiology of a salt Pan from the peninsula of Baja California, Mexico. *International Journal of Salt Lake research* 6: 233-248.
- Dolapsakis N.P., Tafas T., Abatzopoulos T. J., Ziller S., Economou-Amilli A. 2005. Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: An aquaculture prospect. *Journal of Applied Phycology* 17: 39-49.
- Ellertsen B., 1977. A new apparatus for sampling surface fauna. *Sarsia* 63: 113-114.
- Elloumi J., Carria J.F., Ayadi H., Sime-Ngando T., Boukhris M., Bouaïn A., 2006. Composition and distribution of planktonic ciliates from ponds of different salinity in the solar saltworks of Sfax, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 21-29.

- Eslake D., Kirkwood R., Burton H., Wang Zipan, 1991. Temporal changes in zooplankton composition in a hypersaline, antarctic lake subject to periodic seawater incursions. *Hydrobiologia* 210: 93-99.
- Fava G. & Fusari C., 1986. Influenza della salinità su alcuni parametri biologici in popolazioni marine e lagunari del Copepode *Tisbe holothuriae*. *Boll. Zool.* 53 suppl. 65.
- Ferrari I., Cantarelli M.T., Mazzocchi M.G., Tosi L., 1985. Analysis of a 24-hour cycle of zooplankton sampling in a lagoon of the Po River Delta. *Journal of Plankton Research* 7: 849-865.
- Finney C.M., 1979. Salinity Stress in Harpacticoid Copepods. *Estuaries* 2: 132-135.
- Fleeger J. W., Chandler G. T., Fitzhugh G. R., Phillips F. E., 1984. Effects of tidal currents on meiofauna densities in vegetated salt marsh sediments. *Marine Ecology Progress Series* 19: 49-53.
- Franzoi P., Maccagnani R., Rossi R., Ceccherelli V.U., 1993. Life cycles and feeding habits of *Syngnathus taenionotus* and *S. abaster* (Pisces, Syngnathidae) in a brackish bay of the PO River Delta (Adriatic Sea). *Marine Ecology Progress Series* 97: 71-81.
- Frisch D. & Wohltmann A., 2005. The bag sampler: a Simple Device for Collecting Zooplankton in Shallow Vegetated Ponds. *International Review for Hydrobiology* 90: 596-602.
- Garcia C.M. & Niell F.X., 1993. Seasonal change in a saline temporary lake (Fuente de Piedra, southern Spain). *Hydrobiologia* 267: 211-223.
- Garlitska L., 2001. An HTML-based key to aid in the identification of marine harpacticoid copepods. University of South Carolina.
- Gerber R.P. 1981. Species composition and abundance of lagoon Zooplankton at Eniwetak atoll, Marshall Islands. *Atoll Research Bulletin* 247: 24 pp.
- Gilavert J., 2001. Seasonal plankton dynamics in a Mediterranean hypersaline coastal lagoon: the Mar Menor. *Journal of Plankton Research* 23: 207-217.
- Geddes M.C., 1976. Seasonal fauna of some ephemeral saline waters in western Victoria with particular reference to *Parartemia zietziana* Sayce (Crustacea: Anostraca). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 27: 1-22.
- Goldman J.C., 1979. Outdoor algal mass cultures. *J. Applications. Water Res.* 13: 1-19.
- Grainger E.H. & Mohammed A.A., 1990. High salinity tolerance in sea ice copepods. *Ophelia* 31: 177-185.

- Greenwald M. & Hurlbert S.H., 1993. Microcosm analysis of salinity effects on coastal lagoon plankton assemblages. *Hydrobiologia* 267: 307-335.
- Gregg J.C. & Fleeger J.W., 1997. Importance of emerged and suspended meiofauna to the diet of the darter goby (*Gobionellus boleosoma* Jordan and Gilbert). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 209: 123-142.
- Guerrini A., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U., 1996. Recolonization patterns of meiobenthic communities in brackish vegetated and unvegetated habitats after induced hypoxia/anoxia. *Hydrobiologia* 375/376: 73-87.
- Hammer T.U. & Heseltine M., 1988. Aquatic macrophytes in saline lakes of the Canadian prairies. *Hydrobiologia* 158: 101-116.
- Hedgepeth J.W., 1967. Ecological aspects of the Laguna Madre, a hypersaline estuary. *Estuaries* 83: 408-19.
- Heip C., 1971. The succession of benthic micrometazoans in a brackish water habitat. *Biol. Jb. Dodonaea* 39: 191-196.
- Heip C., 1973. Partitioning of Brackish Water Habitat by Copepod Species. *Hydrobiologia* 41: 189-198.
- Hicks G.R.F., 1980. Structure of phytal harpacticoid copepod assemblages and the influence of habitat complexity and turbidity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 44: 157-192.
- Hicks G.R.F. & Coull B.C., 1983. The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 21: 67-175.
- Hicks G.R.F., 1985. Meiofauna associated with rocky shore algae. In: Moore, P.G., Seed, R. (Eds.), *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder & Stoughton, London, pp. 36-56.
- Hicks G.R.F., 1988. Evolutionary implications of swimming behaviour in meiobenthic copepods. *Hydrobiologia* 167/168: 497-504.
- Huys R., Gee J.M., Moore C.G., Hamond R., 1996. Marine and brackish water harpacticoid copepods. Part I. In *Synopsys of the British fauna* (New Series). 5. Cambridge University Press, Cambridge: 1-352.
- Jacoby A. & Greenwood J. G., 1989. Emergent zooplankton in Moreton Bay, Queensland, Australia: seasonal, lunar, and diel patterns in emergence and distribution with respect to substrata. *Marine Ecology Progress Series* 51: 131-154.
- Jarvis S.C. & Seed R., 1996. The meiofauna of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis: characterization of the assemblages associated with two common epiphytes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 199: 249-267.

- Javor B.J., 1989. Hypersaline environments. Microbiology and biogeochemistry. Springer-Verlag, Berlin, 328 pp.
- Jenkins G.P., Walker-Smith G.K., Hamer P.A., 2002. Elements of habitat complexity that influence harpacticoid copepods associated with seagrass beds in a temperate bay. *Oecologia* 131: 598-605.
- Johnson A.R., 1975. Camargue flamingos. In Kear, J. & N. Duplaix-Hall (eds), Flamingos, Berkhamsted: 17-25.
- Johnson S.C. & Scheibling R.E., 1987. Structure and dynamics of epifaunal assemblages on intertidal macroalgae *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* in Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series* 37: 209-227.
- Jones T.L., 1975. Species composition, distribution and abundance of macro-zooplankton in the intake and discharge areas after construction and operation of the Cedar Bayou Electric Power Station. M.S. Thesis, Texas A&M University, 217 pp.
- Kahan D., Uhlig G., Schwenzer D., Horowitz L., 1982. A simple method for cultivating harpacticoid copepods and offering them to fish larvae. *Aquaculture* 26: 303-310.
- Kern J.C. & Carey A.G.J., 1983. The Faunal Assemblage Inhabiting Seasonal Sea Ice in the Nearshore Arctic Ocean with Emphasis on Copepods. *Marine Ecology Progress Series* 10: 159-167.
- Kern J.C., 1990. Active and passive aspects of meiobenthic copepod dispersal at two sites near Mustand Island, Texas. *Marine Ecology Progress Series* 60: 211-223.
- Lam Hoai. T. & Amanieu M., 1989. Structure spaziale et evolution saisonniere du zooplancton superficiel dans deux ecosystemes lagunaires nord-mediterraneens. *Oceanologica Acta* 12: 65-77.
- Lam Hoai T., 1985. Evolution saisonniere du zooplancton dans trois sites peu profonds de Thau, une lagune Nord-Mediterraneenne. *Hydrobiologia* 128: 161-174.
- Lam Hoai T., Amanieu M., Lasserre G., 1985. Communautés du zooplancton superficiel des trois sites différemment éloignés de l'entrée des eaux marines dans l'Étang de Thau. *Cahiers de Biologie Marine* 26: 445-467.
- Lam Hoai T. & Rougier C., 2001. Zooplankton Assemblages and Biomass during a 4-Period Survey in a Northern Mediterranean Coastal Lagoon. *Wat. Res.* 1: 271-283.
- Lang K., 1965. Copepoda Harpacticoidea from the California Pacific Coast. K. Svenska Vetensk. Akad. Handl., 10: 1-566.

- Lewis J.B. & Hollingworth C.E., 1982. Leaf epifauna of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Marine Biology* 71: 41-49.
- Linian-Cabello M.A., Paniagua M.J, Hopkins P.M., 2002. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquac. Nutr.* 8: 299–309.
- Litchfield C.D. & Oren A., 2001. Polar lipids and pigments as biomarkers for the study of the microbial community structure of solar salterns. *Hydrobiologia* 466: 81–89.
- MacDonald G.H., 1980. The use of *Artemia* cysts as food by the flamingo (*Phoenicopterus ruber roseus*) and the shelduck (*Tadorna tadorna*). In Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds), *The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3 Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 97–104.
- Madhupratap M., Achuthankutty C.T., Sreekumaran Nair S.R. 1991., Estimates of high absolute densities and emergence rates of demersal zooplankton from the Agatti Atoll, Laccadives. *Limnol. Oceanogr.* 36: 585-588.
- Mageed A.A.A., 2006. Spatio-temporal variations of zooplankton community in the hypersaline lagoon of Bardawil, North Sinai – Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 32: 168-183.
- McKenzie K.G., 1981. Palaebiogeography of some salt lake faunas. *Hydrobiologia* 81-82: 407-418.
- Marian P.M. & Roy C.T.S., 2001. Culture of *Artemia* in the coastal salt works of India. *International Workshop on Artemia*. Artemia and Aquatic Animals Research Center, Urmia University, Iran, 12–15 May 2001.
- Miles D., Auchterlonie N., Cutts C., Mazorra de Quero C., 2001. Rearing of the Harpacticoid Copepod *Tisbe holothuriae* and its Application for the Hatchery Production of Atlantic Halibut *Hippoglossus hippoglossus*. Link Project FIN 23.
- Mouny P., Dauvin J.C., 2002. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine Estuary (English Channel). *Oceanologica Acta* 25: 13-22.
- Nascetti G., Scardi M., Fresi E., Cimmaruta R., Bondanelli P., Gatti S., Blasi S., Serrano S., Meschini L., Lanera P., Plastina N., Valiante M., Vinci D., 1998. Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia al fine di un loro recupero e per lo sviluppo dell'acquacoltura. *Biologia Marina Mediterranea* 5: 1365- 1374.
- Norsker N.H. & Støttrup J.G., 1994. The importance of dietary HUFA's for fecundity and HUFA content in the harpacticoid *Tisbe holothuriae* Humes. *Aquaculture* 125: 155-166.

- Ólafsson E., Ingolfsson A., Steinarsdóttir M.B., 2001. Harpacticoid copepod communities of floating seaweed: controlling factors and implications for dispersal. *Hydrobiologia* 453/454: 189-200.
- Ólafsson E., Ullberg J., Arroyo N.L., 2005. The clam *Macoma balthica* prevents in situ growth of microalgal mats: implications for meiofaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 298: 179-188.
- Ouldessaib E., El Khalki A., Moncef M., 1998. Études qualitatives et quantitatives du peuplement de copépodes de la Lagune de Oualidia (côte atlantique du Maroc) *Marine Life* 8: 35-43.
- Pace M.C. & Carman K.R., 1996. Interspecific differences among meiobenthic copepods in the use of microalgal food sources. *Marine Ecology Progress Series* 143: 77-86.
- Palmer M.A., 1988. Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 48: 81-91.
- Pancucci-Papadopoulou M.A. & Papathanassiou E., 1990. Zooplankton Sampling in Lagoons. A comparison of performance of four different zooplankton nets. National Centre for Marine Research, Agios Kosmas, Hellinikon.
- Pavlova P., Markova K., Tanev S., Davis J.S., 1998. Observations on a solar saltworks near Burgas, Bulgaria. *International Journal of Salt Lake Research* 7: 357-368.
- Pintoa C.S.C., Souza-Santos L.P., Santos P.J.P., 2001. Development and population dynamics of *Tisbe biminiensis* (Copepoda: Harpacticoida) reared on different diets. *Aquaculture* 198: 253-267.
- Post F.J., Borowitzka L. J., Borowitzka M. A., Mackay B., Moulton T., 1983. The protozoa of a Western Australian hypersaline lagoon. *Hydrobiologia* 205: 95-113.
- Quintana X.D., Comin F.A., Moreno-Amich R., 1998. Nutrient and plankton dynamics in a Mediterranean salt marsh dominated by incidents of floodind. Part 2: response of the zooplankton community to disturbances. *Journal of Plankton Research* 20: 2109-2127.
- Rey J.R., Crossman. R.A., Kain T.R., Vose F.E., Peterson M.S., 1987. Sampling Zooplankton in Shallow Marsh and Estuarine Habitats: Gear Field Tests and Description. *Estuaries* 10: 61-67.
- Rhodes A., 2003. Methods for high density batch culture of *Nitokra lacustris*, a marine harpacticoid copepod. *The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference. Edited by Howard I. Browman and Anne Berit Skiftesvik Published by the Institute of Marine Research, Postboks 1870 Nordnes, N-5817, Bergen, Norway. ISBN 82-7461-059-8*

- Riccardi N. & Mariotto L., 2000. Seasonal variations in copepod body length: a comparison between different species in the Lagoon of Venice. *Aquatic Ecology* 34: 243-252.
- Rodrigo M.A., Armengol-Diaz X., Oltra R., Dasi M.J., Colom W., 2001. Environmental Variables and Planktonic Communities in Two Ponds of El Hondo Wetlands. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 86: 299-315.
- Rose M., 1933. Copépodes pélagiques. Faune de France 26: 1-374.
- Ruber E., Gilbert A., Montagna P.A., Gillis G., Cummings E., 1994. Effects of impounding coastal salt marsh for mosquito control on microcrustacean populations. *Hydrobiologia* 292/293: 497-503.
- Saunders G. R. & Moore C. G., 2004. In Situ Approach to the Examination of the Impact of Copper Pollution on Marine Meiobenthic Copepods. *Zoological Studies* 43: 350-365.
- Scardi M., 1998. Tecniche di analisi dei dati in ecologia. Versione 1.2a.
- Scardi M., 2001. Tecniche di analisi dei dati in ecologia. Versione 1.2b.
- Schram, T.A., Svelle M., Opsahl M., 1981. A new divided neuston sampler in two modifications: descriptions, tests, and biological results. *Sarsia* 66: 273-282.
- Sei S., Rossetti G., Villa F., Ferrari I., 1996. Zooplankton variability related to environmental changes in a eutrophic coastal lagoon in the Po Delta. *Hydrobiologia* 329: 45-55.
- Shimode S. & Shrayama Y., 2004. Diel changes in vertical distribution of copepods community in Tanabe Bay, Japan. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 84: 607-615.
- Shimode S. & Shrayama Y., 2006. Diel vertical migration and life strategies of two phytal-dwelling harpacticoids: *Ambunguipes rufocincta* and *Eudactylopus spectabilis*. *Plankton Benthos Res.* 1: 42-53.
- Smheleva A. A., 1965. Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic Sea. *Bull. Ist. Oceanog. Monaco* 65: 1-24.
- Støttrup, J.G., 2000. The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. *Aquaculture Research* 3: 703-711.
- Steinarsdóttir M.B., Ingólfsson A., Ólafsson E., 2003. Seasonality of harpacticoids (Crustacea, Copepoda) in a tidal pool in subarctic south-western Iceland. *Hydrobiologia* 503: 211-221.
- Sundararaj T.D., Devi A.M., Sundaram S.C., Rahaman A.A., 2006. Dynamics of Solar Saltworks Ecosystem in India. *Proceedings of the 1st International*

Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 06)
Santorini Island, Greece, 20-22 October 2006.

- Takekawa J.Y., Miles A.K., Schoellhamer D.H., Athearn N.D., Saiki M.K., Duffy W.D., Kleinschmidt S., Shellenbarger G.G., Jannusch C.A., 2006. Trophic structure and avian communities across a salinity gradient in evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Hydrobiologia* 567: 307-327.
- Thiery A. & Puente L., 2002. Crustacean assemblage and environmental characteristics of a man-made solar saltwork in southern France, with emphasis on anostracan (Branchiopoda) population dynamics. *Hydrobiologia* 486: 191-200.
- Thiéry A., Robert F., Gabrion C., 1990. Distribution des populations d'*Artemia* et de leur parasite *Flamingolepis liguloides* (Cestode, Cyclophyllidea), dans les salins du littoral méditerranéen français. *Can. J. Zool.* 68: 2199–2204.
- Thistle D., 2003. Harpacticoid copepod emergence at a shelf site in summer and winter: implications for hydrodynamic and mating hypotheses. *Marine Ecology Progress Series* 248: 177-185.
- Timms B.V., 1981. Animal communities in three Victorian lakes of differing salinity. *Hydrobiologia* 81-82: 181-193.
- Timms B.V., 1997. A comparison between saline and freshwater wetlands on Bloodwood station, the Paroo, Australia, with special reference to their use by waterbirds. *International Journal of Salt Lake Research* 5: 287-313.
- Toumi N., Ayadi H., Abid O., Carrias J. F., Sime-Ngando T., Mekki B., Abderrahmen B., 2005. Zooplankton Distribution in Four Ponds of Different Salinity: A Seasonal Study in the Solar Salterns of Sfax (Tunisia). *Hydrobiologia* 534: 1-9.
- Tregouboff G. & Rose M., 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Vol. I, pp. 587; Vol. II tav. I-CCVII.
- Vieira N. & Amat F., 1996. Fluctuation of the zooplankton community in two solar salt ponds, Aveiro, Portugal. *International Journal of Salt Lake Research* 4: 327-333.
- Walker K.F., 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Hydrobiologia* 81/82: 159-167.
- Walters K., 1991. Influences of abundance, behavior, species composition, and ontogenetic stage on active emergence of meiobenthic copepods in subtropical habitats. *Marine Biology* 108: 207-215.
- Walters K. & Bell S.S., 1986. Diel patterns of active vertical migration in seagrass meiofauna. *Marine Ecology Progress Series* 34: 95-103.

- Walters K. & Bell, S.S., 1994. Significance of copepod emergence of benthic, pelagic and phytal linkages in a subtidal seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 108: 237-249.
- Webb D.G., 1990. Intrashoot distribution of leaf dwelling harpacticoid copepods on the seagrass *Zostera marina* L.: implication for sampling design. *Hydrobiologia* 206: 155-162.
- Webb D.G. & Parsons T.R., 1992. Winter-spring recruitment patterns of epiphytic harpacticoid copepods in a temperate-zone seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 82: 151-162.
- Wen Z. & Zhi-Hui H., 1999. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. *International Journal of Salt Lake Research* 8: 267-285.
- Wulff F., 1972. Experimental studies on physiological and behavioural response mechanisms of *Nitocra spinipes* (Crustacea Harpacticoidea) from brackish-water rockpools. *Marine Biology* 13: 325-329.
- Yúfera M., Lubián L.M., Pascual E., 1984. Estudio Preliminar del Zooplancton de Las Salinas de Cadiz. *Limnética* 1: 62-69.
- Yufera M., 1985. Las poblaciones de *Fabrea salina* (Ciliata: Heterotrichida) en las Salinas de la Bahía de Cadiz. *Inv. Pesq.* 49: 493-500.
- Zuniga L.R., Campos V., Pinochet H., Prado P., 1991. A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. *Hydrobiologia* 210: 19-24.
- Zunini Sertorio T., 1990 Campionamento dello zooplancton. *Nova Thalassia* 11: 265-275.

Ringraziamenti

Si ringraziano:

il Prof Nascetti, coordinatore del Dottorato, per aver creduto in me e avermi dato tutto il sostegno necessario anche nei momenti più difficili, dimostrandosi sempre molto disponibile e partecipe; il Prof. Scardi, mio tutor, per avermi ospitato nella sua Società, la Bioservice Srl, lungo l'intero corso del Dottorato, e per avermi illuminato con i suoi preziosi suggerimenti, soprattutto nella fase di progettazione della tecnica di campionamento e nella fase di elaborazione dei dati; le Dott.sse Stefania Bramucci e Silvia Manciani, per il grosso supporto datomi in occasione di gran parte dei campionamenti; il Prof Cottarelli, dell'Università degli Studi della Tuscia per il determinante aiuto nella fase di riconoscimento dei Copepodi Arpacticoidi; il Dott. Luigi Maria Valiante, della Bioservice Srl per avermi aiutato nel riconoscimento dei Copepodi Calanoidi e di altri taxa zooplanctonici e nella determinazione delle stime di densità e biomassa dello zooplancton; tutte le altre persone che nel corso di questi tre anni sono state coinvolte per aspetti scientifici e non.