



DIPARTIMENTO DI ECOLOGIA E SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

DOTTORATO DI RICERCA IN
“ECOLOGIA E GESTIONE DELLE RISORSE BIOLOGICHE – XX CICLO

*“Studio del popolamento mesozooplantonico marino costiero per la ricerca
di nuovi indicatori ambientali”*

(BIO/07)

Coordinatore: Prof. Giuseppe Nascetti

Tutor: Prof. Eugenio Fresi
Università di Roma “Tor Vergata”

Prof. Michele Scardi
Università di Roma “Tor Vergata”

Dottoranda: Laura Aguzzi

Viterbo, febbraio 2008

INDICE

1. INTRODUZIONE

1.1. Aspetti normativi e gestione degli ecosistemi marini costieri	pag. 6
1.2. Zooplancton: definizioni e classificazione	pag. 10
1.3. Il mesozooplancton marino costiero	pag. 18
1.4. Organismi zooplanctonici come “indicatori”	pag. 21
1.5. Effetti dell’inquinamento marino sullo zooplancton	pag. 22
1.6. Zooplancton e cambiamenti climatici	pag. 25
1.7. L’importanza delle serie storiche	pag. 27
1.8. Lo studio del mesozooplancton nel Programma di Monitoraggio per il Controllo dell’Ambiente Marino Costiero	pag. 28
1.9. Indici di classificazione delle acque marine costiere	pag. 29

2. MATERIALI E METODI

2.1. Area di studio	pag. 34
2.2. Stazioni di prelievo	pag. 35
2.3. Metodo di campionamento	pag. 37
2.4. Conservazione e trattamento del campione per l’analisi microscopica	pag. 38
2.5. Struttura del data-set: osservazioni e lista dei taxa	pag. 40
2.6. Determinazione tassonomica del popolamento	pag. 42
2.7. Elaborazione dati	pag. 43
2.7.1. Analisi descrittiva	pag. 43
2.7.2. Misure di diversità	pag. 44
2.7.3. Analisi multivariata	pag. 44
2.7.4. Analisi spaziale e temporale delle serie	pag. 47
2.7.5. Associazioni di specie	pag. 49
2.7.6. Confronto zooplancton e algoritmo di classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)	pag. 50

3. RISULTATI

3.1. Analisi del popolamento mesozooplanctonico	pag. 52
3.1.1. Andamento delle abbondanze zooplanctoniche totali	pag. 52
3.1.2. Variabilità temporale e spaziale dei principali gruppi zooplanctonici	pag. 54
3.1.3. Composizione tassonomica	pag. 67
3.1.4. Abbondanze e dinamiche delle specie più rappresentative	pag. 69
3.2. Analisi della Diversità	pag. 84
3.3. Analisi multivariata	pag. 90
3.4. Analisi spaziale e temporale delle serie	pag. 96
3.4.1. Autocorrelazione e cross-correlazione	pag. 96
3.4.2. Test di Mantel	pag. 97
3.4.3. Runs Test	pag. 98
3.4.4. SIMPER (Similarity Percentage)	pag. 107
3.5. Classificazione	pag. 109
3.6. Associazioni di specie	pag. 116
3.7. Confronto tra zooplancton e algoritmo di classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)	pag. 128

4. DISCUSSIONE

4.1. Il popolamento mesozooplanctonico delle coste laziali	pag. 131
4.2. Struttura delle comunità	pag. 136
4.3. Applicazioni statistiche	pag. 139
4.4. Organismi zooplanctonici ed indicatori ambientali	pag. 141

5. CONCLUSIONI

pag. 142

6. BIBLIOGRAFIA

pag. 144

7. ALLEGATI

- 7.1. Tabelle con valori di densità medi, deviazione standard ed errore standard della media
- 7.2. Schede ecologiche delle specie zooplanctoniche identificate
- 7.3. Figure delle specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative
- 7.4. Risultati dell'indice di Classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare con grande affetto e profonda stima i miei tutor, Eugenio Fresi e Michele Scardi, per il loro prezioso ed impareggiabile contributo scientifico e, soprattutto, per avermi incoraggiata e stimolata ad affrontare nuovi aspetti dello studio dello zooplankton con grande impegno, forte passione e tanta pazienza...

Ringrazio, inoltre, il Dott. Ennio Zaottini, per avermi consigliata e sostenuta in questi anni di mia crescita professionale.

Grazie ai colleghi di Arpalazio, per la loro collaborazione in molte delle fasi di questa ricerca e per avermi sempre confortata nella realizzazione e compimento dei miei obiettivi.

Ringrazio, ancora, il personale tecnico di Arpalazio e delle Capitanerie di Porto con cui ho avuto modo di collaborare in questi anni, per la loro cortesia e disponibilità.

Desidero, infine, ringraziare l'Arpalazio, la Regione Lazio, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la banca dati del Si.Di.Mar per avermi fornito l'opportunità di analizzare approfonditamente i dati raccolti nell'ambito del Programma Nazionale di Monitoraggio per il controllo delle acque marino costiere.

Dedico questo lavoro a tutti i miei cari, per essermi stati sempre accanto.

1. INTRODUZIONE

1.1. Aspetti normativi e gestione degli ecosistemi marini costieri

Le aree marine costiere sono sede di ecosistemi molto complessi, caratterizzati da elevata produttività biologica e diversità, oltre che da una accentuata variabilità spaziale e temporale dei processi fisici e biogeochimici. Forte urbanizzazione, sviluppo industriale costiero, espansione turistica, sovrasfruttamento delle risorse della pesca sono le principali forzanti antropiche che hanno provocato, negli ultimi decenni, il degrado della qualità ambientale della fascia costiera.

L'alterazione delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche delle acque e la conseguente alterazione del funzionamento dell'ecosistema della fascia litorale mediterranea è, in primo luogo, il risultato di cattiva gestione delle amministrazioni pubbliche e di una scarsa educazione ambientale.

La presa di coscienza riguardo ai problemi ambientali appare oggi abbastanza consistente, ed è diffuso il concetto che per limitare l'impatto dell'attività umana sulla natura necessitano notevoli investimenti economici ma, soprattutto, un cambiamento di mentalità insieme allo sviluppo di una maggiore responsabilità nell'uso delle sue risorse.

E' importante, a questo punto, non solo cercare di diminuire l'immissione delle sostanze inquinanti e lo sfruttamento delle risorse, ma più di ogni altra cosa analizzare le risposte delle comunità e dei popolamenti al variare delle condizioni ambientali locali e globali. Lo studio di queste problematiche è fondamentale per comprendere quale sia la capacità di tolleranza dell'ecosistema, anche se non è facile riconoscere e distinguere gli effetti dovuti all'azione diretta dell'uomo da quelli legati a variazioni naturali che avvengono a larga e meso-scala.

L'esigenza di definire lo stato di qualità delle acque marino costiere è cresciuta nel tempo anche a livello nazionale ed è stata istituzionalizzata già a partire dagli anni ottanta con l'applicazione di monitoraggi ambientali estesi a tutte le coste italiane. Il monitoraggio rappresenta uno strumento scientifico-amministrativo utile a valutare e controllare nel tempo e nello spazio una serie di parametri indispensabili per definire una specifica situazione ambientale.

Nei primi anni novanta, in ottemperanza alle disposizioni previste dalla Legge 979/82 (*Disposizione per la difesa del mare*), ebbero inizio lungo le coste italiane attività di monitoraggio con procedure concordate ed unificate, svolte dalle Regioni costiere in

convenzione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (ex Servizio Difesa Mare). Accanto ai parametri ambientali fisici e chimici, negli anni il monitoraggio ha integrato il rilevamento dei parametri biologici, per i quali è stata prevista per la prima volta la determinazione fino a livello di specie (fitoplancton, zooplancton, benthos).

Oggi la prospettiva in materia di controllo e studio del sistema marino costiero apre nuovi scenari: il recepimento della Direttiva 200/60/CE impone strategie innovative, tra queste l'uso di "indicatori biologici". Assume, quindi, sempre più importanza la individuazione e l'utilizzo di bioindicatori appropriati (specie o comunità) come strumento di valutazione dello stato di qualità del sistema marino costiero.

Il riferimento normativo nazionale per la tutela delle acque è stato fino ad oggi il D.Lgs 152/99 (*Testo unico sulle acque*) che, per la classificazione delle acque marine costiere richiede una prima valutazione di stato di qualità basata su parametri fisico-chimici mediante l'applicazione dell'Indice TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998), considerando comunque prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema.

Sebbene venga sempre più sollecitata, sia a livello nazionale sia comunitario, la ricerca di nuovi indicatori, gli elementi di qualità biologica non sono ancora considerati adeguatamente e non vi è, inoltre, alcuna indicazione specifica sui parametri da analizzare e sui possibili strumenti di valutazione dei dati biologici per una definizione di qualità ambientale.

Gli elementi biologici individuati dalla Direttiva Europea 200/60/CEE riguardano la composizione ed abbondanza del fitoplancton, dell'altra flora acquatica (macroalghe e fanerogame marine), dei macroinvertebrati bentonici e dei pesci ma viene tralasciato, purtroppo, lo studio dello zooplancton, che rappresenta una componente fondamentale dell'ecosistema marino.

Riguardo a questo aspetto il mondo scientifico internazionale si è espresso negativamente, sottolineando in più occasioni che lo zooplancton deve essere considerato allo stesso livello del fitoplancton e del benthos come indicatore dello stato di qualità del sistema (Valdes *et al.*, 2004; Perry *et al.*, 2004) e necessariamente inserito nei programmi di monitoraggio istituzionali (Nicolas *et al.*, 2006).

Opinione generale nel mondo scientifico è che l'esclusione dello zooplancton dalla normativa comunitaria e nazionale, come elemento biologico da monitorare ha anche lo

svantaggio di ridurre le risorse sia per il mantenimento di serie temporali di dati zooplanctonici attive da decenni, sia per l'introduzione di questa componente nei progetti di ricerca.

L'11 dicembre 2007 il Parlamento Europeo ha approvato un testo di legge per l'adozione di una nuova Direttiva in ambito comunitario ai fini della protezione dell'ambiente marino (*Marine Strategy Framework Directive*), in cui tra gli elementi da monitorare viene indicato anche lo studio della variabilità stagionale e spaziale della componente zooplanctonica.

Inoltre, tra gli obiettivi principali delle maggiori organizzazioni scientifiche (PICES-North Pacific Marine Science Organization; ICES- International Council for Exploration of the Sea; CIESM- Mediterranean Science Commission) e nei programmi internazionali e nazionali di ricerca (GLOBEC-Global Ocean Ecosystem Dynamics; MFSTEP-Mediterranean Forecasting System Toward Environmental Predictions; VECTOR-Vulnerabilità delle Coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climatici e loro ruolo nei cicli del carbonio mediterraneo), emerge lo studio quali-quantitativo dello zooplancton come indicatore degli impatti causati dai cambiamenti ambientali, sia di origine antropica, sia climatica sull'ecosistema marino.

L'importanza dello studio della comunità zooplanctonica è definita dal ruolo chiave che questa gioca nel funzionamento degli ecosistemi marini: lo zooplancton, infatti, è responsabile del trasferimento della materia organica prodotta dall'attività degli organismi autotrofi ai livelli più alti delle reti trofiche pelagiche e, allo stesso tempo, mediante il meccanismo di *grazing*, controlla lo sviluppo di *bloom* fitoplanctonici (Kjørboe, 1993). Inoltre, lo zooplancton è coinvolto nel riciclo dei nutrienti algali (Fenchel, 1988) e, oltre a rifornire di sostanza organica il comparto bentonico, contribuisce a rimuovere il *surplus* antropogenico di CO₂ dall'atmosfera attraverso la sedimentazione di composti organici ed inorganici del carbonio. Altro aspetto importante riguarda il ruolo che lo zooplancton gioca sul controllo degli stock ittici (Beaugrand *et al.*, 2003).

Lo studio quali-quantitativo del popolamento zooplanctonico fornisce, dunque, elementi indispensabili per la caratterizzazione dell'ambiente marino costiero e per la conoscenza del suo funzionamento.

Lungo le coste italiane, grazie al Programma Nazionale di Monitoraggio per il controllo delle acque marino costiere promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, dal 2001 si effettuano campionamenti di zooplancton con frequenza

quindicinale. La serie di dati fino ad oggi collezionata a livello nazionale costruisce una importante fonte di informazioni sulle comunità zooplanctoniche e, per molte aree costiere italiane, rappresenta la prima occasione di studio approfondito di questo comparto.

Lo studio realizzato nell'ambito del dottorato di ricerca riguarda l'analisi della componente mesozooplanctonica raccolta lungo le coste laziali da agosto 2001 a gennaio 2007 in 6 aree di indagine, 5 definite "critiche" ed 1 di "controllo" in base a indagini ambientali condotte nell'ambito di precedenti programmi di monitoraggio.

Le attività di campionamento e l'analisi tassonomica sono state eseguite dai laboratori delle Sezioni Provinciali di Viterbo, Roma e Latina dell'Arpalazio (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio), sulla base della convenzione siglata dal Ministero dell'Ambiente con la Regione Lazio per l'attuazione del Programma Nazionale di Monitoraggio.

I risultati delle analisi sono stati inviati periodicamente alla banca dati del Sistema Difesa Mare (SIDIMAR), la quale ha provveduto alla diffusione dei dati tramite il sito web www.sidimar.ipzs.it, in modo da permetterne la massima fruizione.

Questo lavoro nasce dall'esigenza di predisporre un quadro sintetico della struttura e la dinamica del popolamento mesozooplanctonico marino costiero del Lazio, sulla base di dati raccolti in un periodo temporale non tanto lungo da poter considerare le serie disponibili come storiche, ma quanto basta per riuscire a definire la fisionomia attuale della comunità. Una serie di sette anni non è generalmente sufficiente a spiegare i *trend* a lungo termine della struttura di comunità legati a fenomeni climatici, ma fornisce indicazioni sulla ricorrenza di *pattern* e sulla manifestazione di eventi singolari ed, infine, sui cambiamenti ambientali legati a modificazioni delle pressioni antropiche.

Tra gli obiettivi del lavoro vi è anche quello di individuare le risposte della comunità alle diverse situazioni locali lungo una di fascia costiera contrassegnata da aree sottoposte a forti impatti antropici (foci dei fiumi) e aree caratterizzati da elevati gradi di naturalità. Gli effetti locali degli *input* di acque dolci, come pure gli impatti antropogenici, possono avere una forte influenza sulle dinamiche interannuali e sulla distribuzione delle comunità zooplanctoniche.

L'approccio di analisi si basa sulla ricerca di *pattern* tra le variabili biologiche che possano essere interpretati in termini di particolare situazione ambientale senza ricorrere alle

relazioni con le variabili fisico-chimiche, ovvero, lasciare alle specie la opportunità di raccontarci la loro storia, grazie alla proprietà di registrare ed integrare le variazioni dell'ambiente.

La comunità rappresenta, infatti, la sintesi delle proprietà dell'ecosistema, “la storicizzazione leggibile di una serie complessa di interazioni biologiche e l'importanza della descrizione biologica, intesa come identificazione tassonomica, è ancora più evidente quando la lista di specie viene comparata con le altre, rilevate in diverse porzioni del tempo e dello spazio” (Fresi, 1989).

1.2. Zooplancton: definizioni e classificazioni

Il termine “plancton”, introdotto nella letteratura scientifica nel 1887 da Victor Hensen, fondatore della biologia oceanografica, sta ad indicare “l'insieme di organismi animali e vegetali che vivono in sospensione fluttuando nell'acqua in balia delle correnti”.

Secondo un criterio generale di classificazione trofico e tassonomico gli organismi planctonici vengono tradizionalmente suddivisi in due grandi categorie: organismi autotrofi del fitoplancton (vegetali) ed organismi eterotrofi dello zooplancton (animali).

Questi criteri, sebbene siano sufficienti per classificare gli organismi pluricellulari del plancton, non sono in grado di definire chiaramente l'appartenenza all'uno o all'altro compartimento dei vari gruppi di Protisti (organismi unicellulari) che posseggono abitudini trofiche diverse.

Complicazioni sorgono, ad esempio, nell'assegnare i batteri liberi presenti nelle acque ad uno o all'altro raggruppamento, in quanto pur essendo in maggior parte eterotrofi, non rientrano nella definizione di zooplancton, poiché assume la sostanza alimentare per “osmotrofia”; inoltre, difficoltà di assegnazione si verificano con la classificazione dei virus e dei funghi unicellulari che si ritrovano liberi nell'ambiente acquatico. Questi tre gruppi di organismi unicellulari planctonici vengono oggi distinti rispettivamente come batterioplancton, vibrioplancton e micoplancton.

In accordo con le più recenti classificazioni (Sieburth e Smetacek, 1978), microrganismi con funzione trofica, dimensioni e tassi di riproduzione simili, come i flagellati privi di clorofilla, i ciliati e le forme ameboidi, sono collocati in un nuovo compartimento ben

definito, il protozooplancton (Sieburth, 1976); mentre gli organismi pluricellulari dello zooplancton animale trovano collocazione in quello del metazooplancton.

La maggior parte degli organismi zooplanctonici, sebbene esposti alla forza ed alle turbolenze delle correnti, hanno sviluppato dei mezzi per muoversi, per cambiare la loro posizione almeno lungo la colonna d'acqua e per contrastare l'affondamento.

La presenza di ciglia, ad esempio, è comune sia nei Protozoi, sia in molte larve di invertebrati (Policheti, Molluschi, Echinodermi). Molti organismi zooplanctonici gelatinosi si muovono per mezzo di contrazioni peristaltiche (Meduse, Salpe), mentre altri (Ctenofori) sbattono ritmicamente i lobi. I Chetognati, essendo dei predatori catturano le loro prede con un rapido movimento del corpo, grazie alla contrazione dei muscoli longitudinali.

I Policheti pelagici ed i crostacei hanno sviluppato una larga varietà di appendici natatorie. Le Appendicolarie usano la loro coda come fosse un remo. Inoltre, le sostanze lipidiche presenti in molti organismi dello zooplancton, oltre a fungere da riserva energetica, giocano un ruolo fondamentale nel regolare la galleggiabilità e nei meccanismi di migrazione verticale (Campbell e Dower, 2003).

Per ottenere gli stessi risultati alcune specie di Copepodi tipici di acque estuarine ricorrono all'alterazione del loro equilibrio osmotico trasportando selettivamente più o meno pesanti (Sanders e Childress, 1988).

Lo zooplancton è caratterizzato da una notevole variabilità funzionale, dimensionale, strutturale e di distribuzione, sia spaziale che temporale ed è per questo che la sua classificazione deve necessariamente far riferimento all'utilizzo di diversi criteri.

In base al ciclo biologico, le specie zooplanctoniche che trascorrono l'intero ciclo vitale nella colonna d'acqua costituiscono l'*oloplancton*, mentre il *meroplancton*, detto anche plancton temporaneo, è rappresentato da organismi che vi svolgono solo una fase del loro ciclo e consiste, prevalentemente, di uova e larve appartenenti al benthos e al necton, ma anche delle forme medusoidi degli idroidi.

Nel gruppo delle specie meroplanctoniche si riscontrano due modalità di comportamento contrastanti; l'una vede organismi planctonici con stadi di resistenza bentonica (cisti e uova durature), l'altra organismi bentonici con larve planctoniche.

In base alle modalità di nutrizione gli organismi zooplanctonici costituiscono, come abbiamo già detto, la componente eterotrofa e possono essere definiti, secondo un recente

punto di vista, come organismi fagotrofi, ovvero che si nutrono di particelle vive e non. Infine, in relazione alle diverse preferenze alimentari, possono essere genericamente classificati come erbivori, detritivori, onnivori o carnivori.

Lo zooplancton marino è costituito da una grande varietà di organismi e da un elevato numero di specie, oltre 10.000 se si includono anche quelle meroplanctoniche (Harris *et al.*, 2000). Le loro dimensioni variano da pochi micron (piccoli flagellati) fino a 2 metri (grandi meduse). Per far fronte a questa enorme ampiezza del range di taglia numerosi sono stati, da 100 anni a questa parte, i tentativi di classificazione sulla base dimensionale. Da una prima distinzione tra micro- meso- e macrozooplancton, proposta da Schütt nel 1892, lo spettro di taglie è stato successivamente suddiviso e modificato svariate volte.

La suddivisione in categorie dimensionali definite nell'ambito del simposio "Measurements of Primary Production in the Sea" svoltosi a Bergen nel 1957, oggi superata, prevedeva la seguente classificazione:

- -ultraplancton ($< 5 \mu\text{m}$)
- -nanoplancton ($5\text{-}60 \mu\text{m}$)
- -microplancton($60\text{-}500 \mu\text{m}$)
- -mesoplancton ($0.5\text{-}1 \text{ mm}$)
- -macroplancton ($1\text{-}10 \text{ mm}$)
- -megaloplancton ($> 10 \text{ mm}$)

In seguito Dussart (1965) rivede la classificazione suddividendo il plancton in 5 grandi gruppi dimensionali separati secondo una funzione esponenziale del tipo 2×10^n ($n=0,1,2,\dots$):

- -ultraplancton ($< 2 \mu\text{m}$)
- -nanoplancton ($2\text{-}20 \mu\text{m}$)
- -microplancton($20\text{-}200 \mu\text{m}$)
- -mesoplancton ($200\text{-}2000 \mu\text{m}$)
- -megaloplancton ($> 2000 \mu\text{m}$)

Sulla base di questa classificazione Omori e Ikeda (1992) propongono una revisione aggiungendo due gruppi: macroplancton ($2\text{-}20 \text{ mm}$) e micronecton ($20\text{-}200 \text{ mm}$).

In questa ultima classificazione lo zooplancton ricopre 5 range di taglia, dal microplancton al megaplancton e poiché per lungo tempo l'apertura di maglia più piccola utilizzata per la rete da plancton è stata di 20 μm , questo valore definisce anche il limite inferiore del così definito "plancton da rete", ovvero quello potenzialmente catturabile mediante un retino, mentre le frazioni dimensionali più piccole si raccolgono con le comuni bottiglie oceanografiche. Infine, il micronekton non viene nettamente separato per taglia dal megaloplancton.

La tendenza oggi prevalente nella classificazione degli organismi planctonici è quella di considerare il livello di organizzazione (ultrastruttura) ed il tipo di trofismo, insieme alla distribuzione di taglia. Nella tabella 1.1 viene riportato lo schema di classificazione dimensionale proposto da Sieburth *et al.*, (1978) ed ampiamente accettato.

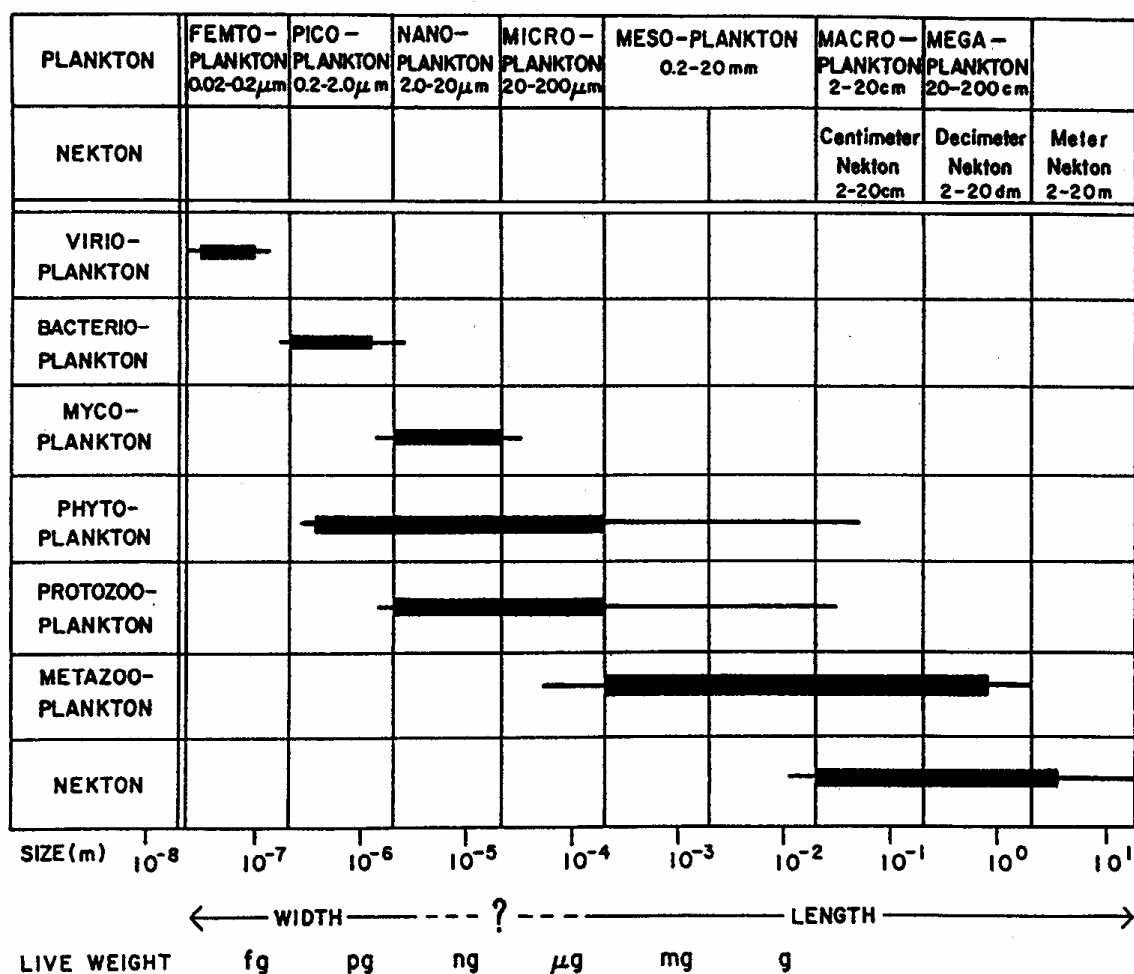


Tabella 1.1 Classificazione dimensionale dei differenti compartimenti trofico-tassonomici del plancton proposta da Sieburth *et al.*, (1978).

Secondo questa più recente classificazione lo zooplancton ricopre 5 classi di taglia, dal nanoplancton al megaloplancton ed ognuna varia per un ordine di grandezza, tranne il mesozooplancton che comprende due ordini di grandezza.

Ciò dipende essenzialmente dai metodi tradizionali di campionamento mediante retino, la cui apertura di maglia va da 200 a 330 μm , impiegato per il prelievo dei crostacei planctonici, in particolare copepodi il cui range di taglia è compreso tra 0.2-2 mm (mesozooplancton) e che, generalmente, costituiscono la frazione dominante dello zooplancton.

Vista la grande varietà di organismi e la numerosità dei *taxa* che compongono lo zooplancton è importante la loro classificazione anche dal punto di vista tassonomico.

Sebbene l'inquadramento sistematico di molti *taxa* subisca continue variazioni, a seconda che vengano considerate le loro caratteristiche ultrastrutturali o trofiche, abbiamo visto che una prima grande suddivisione tra protozooplancton e metazooplancton proposta da Sieburth e Smetacek, 1978 fornisce un elemento di chiarezza.

Tolti, quindi, gli organismi unicellulari eterotrofi rappresentati dai Protozoi ciliati e flagellati, dai Foraminiferi e dai Radiolari, tutto il resto degli organismi pluricellulari del plancton animale sono compresi nel metazooplancton, i cui gruppi principali sono rappresentati da Cnidari, Ctenofori, Molluschi, Crostacei, Echinodermi, Chetognati, Tunicati e Pesci.

In tabella 1.2 è riportata la schematizzazione proposta da Lenz (2000) in cui sono indicati i principali gruppi sistematici zooplanctonici, la loro assegnazione allo stato planctonico (oloplanctonico o meroplanctonico) e la loro distribuzione nelle diverse classi dimensionali.

Per dare un'idea della elevata diversità zooplanctonica, gli stessi autori indicano anche il numero di specie appartenenti ai diversi gruppi riportati, con una stima totale di circa 36.000.

Systematic groups	Holo-Mero Plankton	Nano 2–20 μm	Micro 20–200 μm	Meso 0.2–20 mm	Macro 2–20 cm	Mega 20–200 cm
Protozooplankton						
Heterotrophic Flagellates (600)	+++	+++	+++	+		
Ciliata (1000)	+++	+	+++	+		
Foraminifera (Globigerina) 30	+++		++	++		
Radiolaria 4500	+++		+	+++	+	
Metazooplankton						
Cnidaria						
Hydromedusae (500)	+	+++		++	++	+
Siphonophora 150	+++			+	++	+
Scyphomedusae 250	+	+++		+	++	++
	+++			+	++	+
Ctenophora 80						
Rotatoria (100)		+++	++	++		
Polychaeta (100)	+++			++	++	+
Polychaeta Larvae (3000)		+++	+	++		
Mollusca						
Heteropoda 30	+++			++	++	
Pteropoda 100	+++			+++	+	
Cephalopoda 500	+	+++		++		
Veliger Larvae (10 000)		+++	+	+++		
Crustacea						
Cladocera 30	+	+++		+++		
Ostracoda 350	+++			+++	+	
Copepoda						
Calanoida 1200	+++	+	+	+++		
Cyclopoida 100	+++		+	+++		
Harpacticoida 100	+++		+	+++		
Cirripedia Larvae (800)		+++	+	+++		
Mysidacea 600	+++			++	++	+
Amphipoda (Hyperideae) 300	+++			+++	+	
Euphausiacea 90	+++			++	++	
Decapoda 200	+++			+	+++	
Decapoda Larvae (6000)		+++		+++	+	
		+++		+++		
Echinodermata Larvae (2000)				+++		
Chaetognatha 50	+++			++	++	
Tunicata						
Copelata 60	+++			+++	+	+
Thaliacea 45	+++			++	++	+
		+++		+++	+	
Fish Larvae (3000)				+++	+	

Tabella 1.2. Elenco dei principali *taxa* zooplanctonici, insieme alla loro distribuzione in taglie dimensionali (+ rare; ++ comuni; +++ dominanti), l'appartenenza allo stato planctonico (oloplancton o meroplancton) ed il numero indicativo di specie da cui sono costituiti. Da Lenz (2000).

Sebbene la distribuzione spaziale degli organismi zooplanctonici sia fortemente legata alle correnti, si possono comunque individuare dei *pattern* di distribuzione, sia verticali sia orizzontali delle diverse specie.

Gli organismi che vivono permanentemente sulla superficie del mare con il corpo che sporge all'aria vengono definiti come pleuston e spesso vengono trattati come una categoria separata dal plancton in quanto il loro trasporto è dovuto principalmente al vento piuttosto che alle correnti. In questo gruppo viene inserito anche l'emittero *Halobates*, il

quale si muove con le sue lunghe zampe sulla superficie dell'acqua ed è l'unico insetto che compie il suo intero ciclo vitale in ambiente marino.

Al neuston, invece, appartengono quegli organismi che vivono nei primi millimetri sotto la superficie del mare. Ecologicamente è difficile separare queste due categorie, che generalmente vengono considerate insieme al plancton epipelagico, ovvero quello che si distribuisce tra la superficie e i 200-300 metri in profondità. Molti sono gli organismi zooplanctonici che risiedono permanentemente in questa zona, altri vi migrano durante la notte da profondità maggiori.

La zona epipelagica coincide con lo strato eufotico e disfotico ed è caratterizzata da una elevata diversità e abbondanza di vita. L'area è popolata principalmente da organismi zooplanctonici erbivori e onnivori, come Copepodi, Cladoceri, Pteropodi, Larvacei, Taliacei, e meroplancton.

Al di sotto della colonna d'acqua, fino a circa 1000 metri di profondità si estende la zona mesopelagica e gli animali planctonici che vi vivono durante il giorno costituiscono il mesoplancton. In queste acque poco turbolente gli organismi mesoplanctonici gelatinosi tendono ad avere dimensioni maggiori; alcune specie che compiono migrazioni verticali, come gli Eufausiacei, sono parzialmente erbivori, mentre la maggior parte dei residenti sono carnivori o detritivori.

Il plancton batipelagico è costituito da specie che vivono nello strato d'acqua tra i 1000 e i 3000-4000 metri, mentre le specie che vivono al di sotto di queste profondità appartengono al plancton abissopelagico. Nel plancton possono occasionalmente ritrovarsi anche quegli organismi che generalmente vivono sul fondo, definiti come epibentonici.

Questo sistema di classificazione verticale, che tiene conto delle grandi suddivisioni degli ambienti oceanici (Figura 1.2) è basato sulla considerazione che le condizioni ambientali variano notevolmente con l'aumentare della profondità e che gli organismi che vivono nei diversi strati hanno evoluto differenti strategie adattative. È comunque ovvio che la suddivisione ecologica verticale rappresenti una generalizzazione.

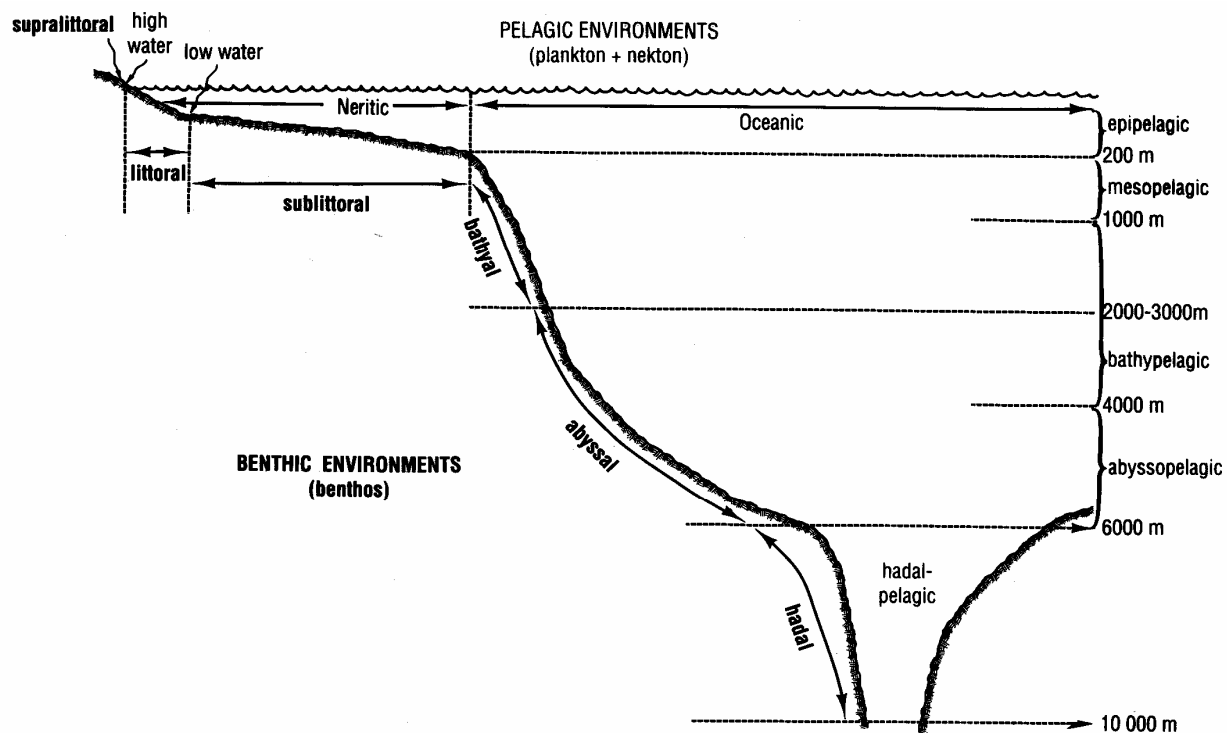


Figura 1.2. Schema generale di suddivisioni, orizzontali e verticali, dell'ambiente marino. Da Lalli & Parsons (1997).

La distribuzione verticale delle specie è, inoltre, caratterizzata da fenomeni di migrazioni verticali giornaliere (Forward, 1988), che rappresentano uno degli aspetti comportamentali più sorprendenti e caratteristici dello zooplancton, le cui cause ancora oggi non sono del tutto chiare (Pearre, 1989; Steele e Henderson, 1998). La varietà di specie e la biomassa del popolamento zooplanctonico decresce con la profondità esponenzialmente fino a quattro ordini di grandezza (Vinogradov, 1971).

In accordo con le grandi suddivisioni degli ambienti oceanici, si distingue un plancton neritico, i cui organismi vivono nelle acque costiere al di sopra della platea continentale fino a 200 metri di profondità e un plancton oceanico, riferito a organismi che vivono in mare aperto, nella massa d'acqua oltre la platea continentale.

Una caratteristica dello zooplancton neritico è la rilevante presenza di organismi meroplanctonici e la forte relazione con il comparto bentonico (Turner e Ferrante, 1979). Lo zooplancton oceanico è, invece, contraddistinto da una generale assenza di forme meroplanctoniche e dalla presenza di specie con spiccata tendenza alle migrazioni verticali, in particolare appartenenti ai gruppi dei Copepodi e degli Eufausiacei.

Gli studi sulla distribuzione spaziale dello zooplancton sono numerosi ma le conoscenze restano assai limitate rispetto al fatto che tale distribuzione è governata da molteplici fattori quali la profondità, la disponibilità trofica dell'area, la temperatura, menzionando solo i più importanti. Inoltre, le specie zooplanctoniche mostrano una chiara tendenza all'aggregazione (*patchiness*) con delle modalità che spesso sono specie-specifiche e con la tendenza delle diverse specie a comportarsi in maniera caratteristica.

1.3. Il mesozooplancton marino costiero

La comunità zooplanctonica neritica del Mediterraneo è caratterizzata dalla dominanza di poche specie che si susseguono durante l'anno (Scotto di Carlo, 1985; Estrada *et al.*, 1985;). Il mesozooplancton, che include la maggior parte delle specie più abbondanti, costituisce la componente principale del popolamento, con la rappresentanza meroplanctonica prevalente su quella oloplanctonica soprattutto nel periodo primaverile-estivo; ciò sottolinea l'importanza delle interazioni tra i sistemi bentonici e pelagici in ambienti litorali. Inoltre, la instabilità delle condizioni ambientali nelle zone neritiche, determina la prevalenza di specie tolleranti, in particolare eurialine ed euriterme.

Gli sproporzionati valori di densità che alcune specie zooplanctoniche possono raggiungere in aree costiere, rispetto al totale del popolamento, sono dovuti anche alle caratteristiche riproduttive ed alla fecondità di talune specie policicliche, che rispetto ad altre monocicliche, possono esibire fino a 5-6 generazioni in un anno.

Il rapporto tra la quantità di biomassa zooplanctonica e la produzione del popolamento dipende dalla disponibilità di cibo e dalle condizioni climatiche. La temperatura governa in maniera decisiva il tasso di crescita della popolazione; infatti, mentre negli ecosistemi di acque fredde le specie dominanti devono mantenere una elevata biomassa per confermare la loro predominanza, a causa del basso tasso di produzione, negli ecosistemi di acque più calde i tassi di crescita sono alti e la capacità di accrescere velocemente la biomassa è maggiore. Il valore del rapporto tra tasso di produzione e biomassa di una specie è importante nella dinamica del popolamento ed è responsabile della velocità di *turnover* della sostanza organica.

Gli organismi zooplanctonici degli ambienti marini costieri hanno una maggiore capacità di adattarsi ad un levato grado di variabilità delle condizioni ambientali rispetto a quelli di mare aperto e, sebbene la risposta adattativa a tali cambiamenti richiede un grande

impiego di energie, ciò viene compensato dalla enorme disponibilità di cibo disponibile in questi ambienti.

Tra le strategie sviluppate dalle specie zooplanctoniche neritiche per regolare la crescita e la riproduzione in periodi di condizioni ottimali vi è la produzione di uova durevoli e la riproduzione partenogenetica; entrambi sono tipici dei cladoceri, ma anche alcune specie di copepodi esibiscono la produzione di stadi di resistenza (Dahms, 1995). Questi aspetti potrebbero essere, inoltre, la spiegazione del fatto che molte specie particolarmente abbondanti in alcuni periodi dell'anno, risultano praticamente assenti in altri.

Altra caratteristica delle comunità zooplanctoniche neritiche è la spiccata fluttuazione annuale delle abbondanze associata ad una successione di specie. L'insieme delle condizioni meteo-climatiche e trofiche esercitano una profonda influenza sul controllo degli incrementi stagionali delle comunità zooplanctoniche neritiche, specialmente in ambienti temperati come il Mediterraneo e trova riscontro nella stagionalità dei cicli produttivi.

Un lavoro di revisione condotto da Kovalev *et al.* nel 2003 su dati decennali di composizione e abbondanza dello zooplancton nel Bacino del Mediterraneo, ha evidenziato che nelle regioni centrali dei diversi mari il ciclo stagionale delle abbondanze zooplanctoniche è caratterizzato da un solo picco massimo che si presenta in primavera o in estate, mentre nelle regioni costiere si distinguono da due a tre picchi (primavera, estate e autunno), in funzione dei diversi *range* di variazione della temperatura dell'acqua e delle abbondanze fitoplanctoniche. Il fenomeno della stagionalità è importante per riconoscere e definire le composizioni locali del popolamento, sulle quali le forzanti ambientali agiscono da filtro.

Le variazioni annuali e le differenze interannuali sono particolarmente evidenti negli invertebrati a vita breve e sono associati al loro ciclo vitale, ma risultano altresì influenzate da variazione dei parametri fisici, chimici e biotici, specialmente in ambienti costieri con basse profondità.

Esempi classici di variazioni annuali del popolamento zooplanctonico neritico mostrano un aumento di abbondanza e di biomassa in estate e autunno, seguito da un forte decremento invernale (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995; Siokou-Frangou, 1996), anche se localmente questo aspetto fenologico non trova riscontro, probabilmente a causa di particolari situazioni idrografiche (Calbet *et al.*, 2001). Le variazioni più consistenti avvengono generalmente al momento del reclutamento larvale, quindi a carico della

componente meroplanctonica, che mostra in generale un consistente incremento durante la seconda metà della primavera e l'inizio dell'estate.

Molti studi sul mesozooplankton neritico, condotti lungo le coste del Mediterraneo, indicano il gruppo dei Copepodi come la frazione più importante del popolamento per gran parte dell'anno, seguiti dai Cladoceri, i quali presentano una marcata stagionalità, con caratteristico massimo estivo. Altro gruppo quantitativamente importante è quello delle Appendicolarie, comuni tutto l'anno ma con due periodi di maggiore abbondanza, in inverno ed in tarda primavera-inizio estate. Gli organismi gelatinosi come i Taliacei, pur essendo presenti sporadicamente, possono raggiungere considerevoli densità soprattutto in primavera. A livello di consumatori secondari i Chetognati costituiscono il gruppo più importante ed insieme gli organismi gelatinosi come Ctenofori, Sifonofori e Scifomeduse, che diventano particolarmente abbondanti in tarda primavera- inizio estate, assumono un ruolo importante nell'ecosistema marino costiero in quanto responsabili del significativo declino del mesozooplankton.

Diverse delle specie mesozooplantoniche più importanti esibiscono una chiara successione ecologica, evidenziando dei *pattern* temporali regolari sia nelle abbondanze sia nelle ricorrenze in alcune zone costiere (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995; Ribera d'Alcalà *et al.*, 2004) ma non in altre (Fonda Umani, 1992; Cataletto *et al.*, 1995). Tali andamenti possono essere relazionabili con le variazioni di temperatura la situazione idrodinamica e la disponibilità di cibo, ma l'indagine su altri aspetti ecologici, fisiologici e comportamentali è necessaria per meglio comprendere l'estrema flessibilità di molte specie zooplantoniche nell'adattarsi alle fluttuazioni ambientali, nonché per discriminare le variazioni naturali a medio lungo termine dello zooplankton da quelle indotte per effetto antropogenico (Mozetič *et al.*, 1998).

Lo studio dello zooplankton neritico è complicato dal fatto che gli organismi si trovano generalmente aggregati in sciame, mostrando una chiara distribuzione a macchie (*patchiness*), in gran parte correlata alla disponibilità trofica, ma anche influenzata dalla temperatura e da altri fattori fisici, chimici e biologici. Gli organismi zooplantonici attratti da zone ad alta concentrazione fitoplanctonica sono in grado di mantenere lo stato di aggregazione a lungo, anche diversi mesi, incrementando rapidamente il loro numero.

L'effetto di *grazing* da parte dello zooplankton sul fitoplancton determina la drastica diminuzione di questo ultimo ed in molti casi ne controlla lo sviluppo (Turner e Tester, 1997): tali interazioni assumono particolare rilevanza nel caso di controllo sui *bloom* di

alghe potenzialmente tossiche (Turner *et al.*, 1998; Turner *et al.*, 1999), fenomeni frequenti in ambienti eutrofizzati come le aree marine costiere.

L'analisi temporale del popolamento zooplanctonico in termini di biomassa e diversità fornisce elementi utili per lo studio dei cambiamenti nell'ecosistema, ma definisce concetti generali da associare ad un altro aspetto importante come quello della individuazione delle specie che principalmente contribuiscono alla struttura dell'ecosistema, ovvero il ruolo delle specie dominanti e delle specie chiave del popolamento. Poiché molte specie hanno ruoli ecologici simili è importante dividerle in differenti gruppi funzionali, in base alla taglia, alla morfologia, al livello trofico e alle caratteristiche fisiologiche. Particolare rilievo assume, quindi, la necessità di incrementare le conoscenze sugli aspetti ecologici dello zooplancton e, se possibile, predire gli impatti che su di esso potrebbero avere i cambiamenti ambientali, sia di carattere climatico sia antropico.

1.4. Organismi zooplanctonici come "indicatori"

Visto il ruolo ecologico fondamentale che lo zooplancton gioca negli ecosistemi marini, numerosi studi sono oggi indirizzati a stabilire se esso possa essere utilizzato nella valutazione dello stato di qualità ambientale (Webber *et al.*, 2005; White *et al.*, 2006) e considerato come indicatore dei cambiamenti dell'ecosistema (Hooff e Peterson, 2006; Valdés *et al.*, 2004; Valdés e Moral, 1998).

Sulla validità degli indicatori biologici nella valutazione della qualità ambientale il mondo scientifico discute da decenni ed ancora oggi si è ben lontani dall'aver raggiunto una posizione univoca. Tra le varie definizioni di bioindicatori una delle più complete è quella formulata da Blandin (1986): "l'indicatore biologico è un organismo (o una parte di esso) o un gruppo di organismi (popolazioni, comunità) che con una risposta a livello biochimico, citologico, fisiologico o ecologico permette di caratterizzare in modo pratico e sicuro lo stato di un ecosistema e di evidenziarne, il più precocemente possibile, le probabili alterazioni".

Molte specie zooplanctoniche, o gruppi di esse, sono state considerate in passato come indicatrici di precise caratteristiche fisico-chimiche e trofiche delle acque: dal primario valore assegnato ad alcune specie zooplanctoniche di "indicatori idrologici" (Russel, 1935), ovvero della presenza di specifiche masse di acqua, si è cercato nel tempo la possibilità di stabilire nella comunità zooplanctonica degli "indicatori ecologici" (Cannicci,

1959; Specchi, 1976), ovvero la individuazione di gruppi di specie caratteristici di aree con specifiche condizioni ambientali (Levi, 1969; Ghirardelli, 1969; Furnestin, 1970; Citarella, 1973). E' noto, infatti, che la composizione e l'abbondanza zooplanctonica sono influenzate dalle proprietà delle masse d'acqua in cui vivono (Boucher *et al.*, 1987;). Associazioni distinte di specie sono state individuate da Hure *et al.*, 1980 nel Mar Adriatico, come indicatrici di acque estuarine, costiere e di largo.

Oggi gli studi sugli organismi zooplanctonici come indicatori si concentrano su due aspetti principali: da un lato l'analisi delle variazioni a medio e lungo termine della comunità in relazione alle alterazioni indotte da forzanti idro-climatiche a scala locale (Bonnet e Frid, 2004; Hsieh *et al.*, 2004), regionale (Beaugrand, 2004) e globale (Perry *et al.*, 2005); dall'altro, i cambiamenti a livello zooplanctonico per effetto del pesante impatto antropogenico sul sistema marino costiero (Jamet *et al.*, 2005; Kovalev *et al.*, 2001; Acri *et al.*, 2003).

1.5. Effetti dell'inquinamento marino costiero sullo zooplancton

Nell'ultimo trentennio le aree marine costiere di tutto il mondo hanno visto un incremento smisurato del degrado ambientale, determinato principalmente dalle attività umane. L'inquinamento marino costiero è stato definito dal GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) come "l'introduzione, diretta o indiretta, da parte dell'uomo di materia e/o energia nell'ambiente tali da provocare effetti deleteri per le risorse viventi, pericolosi per la salute umana e di ostacolo alle attività marine come la pesca e l'uso ricreativo della costa, a causa del deterioramento della qualità dell'acqua". L'inquinamento determina, quindi, un'alterazione persistente e talvolta irreversibile delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dell'ecosistema.

I principali fenomeni di inquinamento sono rappresentati dall'eutrofizzazione, ovvero l'aumento anomalo di nutrienti e sostanza organica e dall'immissione in mare di sostanze tossiche o agenti patogeni, ma anche dall'eccessivo prelievo delle risorse, cosicché il grado di inquinamento dell'ambiente marino costiero non può essere valutato solamente determinando la quantità di determinate sostanze nelle acque, ma è necessario soprattutto rilevare le caratteristiche dei popolamenti interessati e come la loro struttura viene modificata.

Gli effetti dell'azione di sostanze tossiche, come ad esempio metalli pesanti, composti organoclorurati e idrocarburi policiclici aromatici, sugli organismi zooplanctonici si apprendono principalmente da esperienze di laboratorio o in sistemi controllati come i mesocosmi e sono focalizzati sugli impatti a breve termine attraverso le risposte a livello cellulare, biochimico, fisiologico e comportamentale degli individui, come pure sulla quantificazione delle dosi letali (Reeve *et al.*, 1997; Hook e Fisher, 2001; Lindley *et al.*, 1999); sebbene questi lavori abbiano portato ad ipotizzare gli effetti di tali anche a livello di popolazione o di comunità, pochi studi documentano le conseguenze reali sugli ecosistemi marino costieri, anche a causa del fatto che per queste analisi sono necessarie indagini a lungo termine.

Una revisione degli impatti causati dall'eutrofizzazione e dall'inquinamento chimico su organismi zooplanctonici è stata fatta da Marcus (2004), con specifica attenzione agli effetti sui diversi stadi del ciclo vitale dei Copepodi (naupli, copepoditi, adulti e stadi di resistenza).

L'eutrofizzazione, con il conseguente aumento della sostanza organica in termini fitoplanctonici, potrebbe inizialmente apportare dei benefici al popolamento zooplanctonico, che si assicura una maggiore disponibilità di cibo; ma se l'attività di *grazing* da parte degli organismi zooplanctonici non tiene il passo con l'incremento fitoplanctonico la maggior parte della sostanza organica si deposita sul fondo generando fenomeni di ipossia nel sistema bentonico. E', inoltre importante, valutare la struttura della comunità che agisce sul fitoplancton mediante il meccanismo di *grazing* per capire come il sistema può rispondere all'arricchimento di nutrienti (Ingrid *et al.*, 1996).

Nonostante l'esposizione cronica a diversi stressori ambientali, si hanno evidenze del fatto che alcune specie zooplanctoniche, in particolare Copepodi, sono in grado di mantenere il loro equilibrio dinamico a livello di densità di popolazione attraverso meccanismi di acclimatazione ed adattamento (Decker *et al.*, 2003; Reeve *et al.*, 1976); mentre, in altri casi, sembra che l'eutrofizzazione costiera possa determinare la sostituzione in specie del popolamento zooplanctonico, con l'incremento di organismi zooplanctonici di piccola-media taglia in relazione alla variazione nello spettro alimentare. E' stato, infatti, osservato che lo sviluppo di specie a taglia medio-piccola, come il Copepode *Oithona davisae* (Uye, 1994;) è correlato all'incremento dei piccoli flagellati osservato in ambienti eutrofici, i quali rappresentano per molti piccoli Copepodi una preda preferenziale, come è stato dimostrato anche per *Oithona plumifera* (Paffenhöfer e Mazzocchi, 2002). Inoltre, gli effetti

dannosi dell'ipossia nel sedimento avvantaggerebbero specie piccole di Copepodi provviste di sacchi ovigeri rispetto, soprattutto, alle specie con uova durature bentoniche (Marcus *et al.*, 1997), elemento che non trova accordo con la dominanza in monti ambienti costieri di Copepodi come *Acartia* spp, che esibiscono modalità riproduttive con rilascio di uova nell'ambiente e stadi di resistenza, anche se alcuni autori hanno dimostrato l'insuccesso della schiusa e la riduzione di vitalità per le uova di *Acartia* spp in condizioni di anossia (Lutz *et al.*, 1992; Marcus e Lutz, 1994). Molti autori concordano, invece, sul fatto che l'eutrofizzazione possa contribuire alla riduzione della biodiversità zooplanctonica (Siokou-Frangou *et al.*, 1995); anche se responsabile di questo fenomeno potrebbero essere non solo l'eccesso di immissione di nutrienti o di altre sostanze inquinanti, bensì la sinergia di questi insieme ad altri fattori.

La combinazione di pesanti impatti antropogenici, insieme all'arricchimento delle acque in termini di nutrienti e all'istaurarsi di condizioni anossiche al di sotto della zona epipelagica, hanno determinato un drammatico cambiamento nella struttura della comunità zooplanctonica del Mar Nero negli ultimi 20 anni (Kovalev *et al.*, 2001).

L'inquinamento chimico agisce sugli organismi marini attraverso varie modalità: in forma dissolta viene assorbito direttamente dall'acqua, mentre in forma particellare può essere ingerito, in entrambi i casi dopo essere assimilato dall'organismo passa ai livelli trofici superiori o eliminato tramite deiezioni come *fecal pellet*. Generalmente i valori più elevati di contaminanti chimici si ritrovano in ambienti costieri e in zone di estuario, in corrispondenza di aree urbane ed industrializzate.

Il rinnovato interesse che negli ultimi venticinque anni ha riguardato lo studio degli effetti dei metalli su organismi zooplanctonici è focalizzato principalmente sulla determinazione degli effetti subletali che questi elementi provocano nell'organismo e sulle modalità di trasferimento lungo la rete trofica.

Ravera (2001) riassume gli effetti di diversi inquinanti negli ambienti acquatici mediante il monitoraggio di organismi accumulatori appartenenti a differenti livelli tassonomici. Questo tipologia di monitoraggio si basa sulle relazioni tra le concentrazioni di inquinanti nell'organismo e quelle presenti nell'ambiente e non sull'alterazione del biota generata dagli inquinanti. L'accumulo di PCBs (policlorobifenili) su fitoplancton, zooplancton e mitili, è stato calcolato mediante l'applicazione del "Biological accumulator factor", ovvero il rapporto tra concentrazione di inquinante nell'organismo e nell'acqua, dimostrando che la maggior quantità di sostanza veniva accumulata dagli organismi zooplanctonici.

Numerosi sono gli studi condotti sul popolamento zooplanctonico lungo le coste italiane, ma molto pochi si riferiscono a zone sottoposte a fonti di inquinamento, in cui la distribuzione dello zooplancton è messa in relazione alle caratteristiche di qualità dell'ambiente; l'attenzione è stata, infatti, focalizzata principalmente su aree particolari, come i porti (Levi, 1969; Guglielmo, 1973; Ghirardelli e Rottini, 1974), i golfi e le baie (Yamazi, 1964; Hure e Scotto di Carlo, 1968), caratterizzate da condizioni ambientali simili e dove si possono riconoscere elementi comuni nei popolamenti.

1.6. Zooplancton e cambiamenti climatici

L'analisi degli effetti che i cambiamenti climatici generano sulle dinamiche di popolazione e sulle variazioni del flusso della materia organica negli ecosistemi marini, costituisce uno degli obbiettivi di ricerca prioritari a livello internazionale (Hoepffner *et al.*, 2006; Philippart *et al.*, 2007) e, negli ultimi anni, sta diventando una prerogativa nella ricerca anche a livello nazionale (Progetto VECTOR). Le evidenze più convincenti della risposta biologica alla variabilità climatica si riscontrano proprio alla base della rete trofica pelagica, ovvero nelle comunità planctoniche, che subiscono modificazioni sia quantitative sia qualitative, come pure nella distribuzione geografica e negli aspetti fenologici come, ad esempio, i cicli stagionali, le migrazioni verticali e le fioriture fitoplanctoniche. Tali effetti determinano importanti ripercussioni a livello ecosistemico trasmettendosi, mediante meccanismi di controllo *bottom-up*, ai livelli trofici superiori fino ad influenzare la disponibilità delle risorse ittiche (Beaugrand *et al.*, 2003; Perry *et al.*, 2004; Batchelder *et al.*, 2002), con inevitabili ripercussioni socio economiche. Anche i processi trofici *top-down* come il contributo alla rigenerazione dei nutrienti (Alcaraz *et al.*, 1994), il controllo sul *microbial-loop* sono, ovviamente, condizionati dalle variazioni delle comunità zooplanctoniche (Sheridan e Michael, 2004; Lindley *et al.*, 1995; Gonzalez & Smetacek V., 1994).

Il successo del reclutamento ai livelli più alti della rete trofica diviene particolarmente vulnerabile negli ambienti marini delle zone temperate, dove il disaccoppiamento nel sincronismo temporale tra produzione primaria (fitoplancton), secondaria (zooplancton) e terziaria (pesci) risulta essere maggiormente accentuato (Edwards e Richardson, 2004).

Strumento essenziale per l'analisi delle relazioni tra forzanti climatiche e dinamiche planctoniche è la disponibilità di lunghe serie temporali di dati ambientali e biologici. Anche

se la disponibilità di serie temporali a media scala (> di 20 anni) ha contribuito notevolmente, negli ultimi anni, alla comprensione delle variazioni tra forzanti ambientali e dinamiche planctoniche a scala regionale e di bacino, è solo grazie a serie storiche superiori a 50 anni che è stato possibile individuare una relazione chiara tra zooplancton e cambiamenti climatici.

Serie storiche di dati zooplanctonici collezionate in nord Atlantico e nel Mare del Nord, principalmente mediante il Continuous Plankton Recorder (CPR) fin dal 1931 (Reid, 2001), sono state associate alle variazioni dei parametri meteo-climatici dell'emisfero nord (NHT-Northern Hemisphere Temperature; SST-Sea Surface Temperature; Gulf Stream; *etc.*) o a quelle dell'indice NAO (North Atlantic Oscillation) (Walker, 1924), indicando considerevoli cambiamenti in termini di associazioni, biodiversità (Beaugrand *et al.*, 2002a), distribuzione (Beaugrand *et al.*, 2002b) ed abbondanza (Christopher *et al.*, 1996) in molte specie zooplanctoniche (Planque e Taylor, 1998; Licandro *et al.*, 2001).

Analizzando le relazioni a lungo termine tra i cambiamenti degli ecosistemi planctonici e variazioni idro-climatiche nel Mare del Nord, Beaugrand e Ibanez, (2004) hanno osservato il manifestarsi di due “regimi biologici”, uno “freddo” tra gli anni sessanta-ottanta seguito da uno “caldo” che si è protratto fino alla fine degli anni novanta; tali regimi hanno determinato un cambiamento della struttura del popolamento dei copepodi calanoidi e dei valori di diversità dopo gli anni ottanta e, se le condizioni di riscaldamento dovessero persistere gli stessi autori ipotizzano un nuovo cambiamento della comunità, anche a causa dell'incremento della presenza di specie di acque calde subtropicali nelle acque temperate del nord-est Atlantico (Edward *et al.*, 2005).

I cambiamenti ecologici riscontrati nel nord-est Atlantico per quanto riguarda la componente zooplanctonica, dovuti principalmente all'aumento delle temperature, sono state documentate anche in Mediterraneo (Molinero *et al.*, 2005; Ribera d'Alcalà *et al.*, 2004), dove l'anomalia termica a grande scala è stata correlata con l'incremento del popolamento di organismi gelatinosi ed il conseguente declino nelle abbondanze dei copepodi, nel Mar Ligure e nella Baia di Villfranche nella seconda metà degli anni ottanta.

Anche cambiamenti climatici a scala locale sono ritenuti responsabili di variazioni zooplanctoniche in termini di abbondanza e composizione (Villate *et al.*, 1997).

In una recente sintesi sulle problematiche relative agli effetti dei cambiamenti climatici nelle comunità planctoniche marine, Hays *et al.*, (2005) mettono in evidenza la necessità

di promuovere programmi di monitoraggio a livello mondiale, che possano fungere da “sentinelle” per la identificazione dei futuri cambiamenti degli ecosistemi marini.

1.7. L'importanza delle serie storiche

Come abbiamo visto lo zooplancton può essere considerato un ottimo indicatore dei cambiamenti ambientali pertanto, la possibilità di riconoscere delle modificazioni nella struttura dei popolamenti zooplanctonici costituisce un utile strumento per comprendere gli effetti causati dalle alterazioni dei parametri fisici, chimici e biologici sugli ecosistemi marini costieri, dovuti sia all'influenza antropogenica sia alle fluttuazioni climatiche a scala locale e globale.

La conduzione di ogni tipo di indagine riguardo a quanto fino ad ora detto è tuttavia fattibile solo avendo a disposizione serie di dati zooplanctonici pluriennali variamente distribuiti a livello globale. Fortunatamente negli ultimi anni è cresciuta la consapevolezza di quanto sia importante avviare e/o mantenere attive le serie temporali sulle osservazioni zooplanctoniche e ad oggi numerose sono quelle caratterizzate da oltre 10 anni di campionamenti (Perry *et al.*, 2004; Hays *et al.*, 2005).

Un gruppo di lavoro specifico (“Working Group #125 – Global Comparison of Zooplankton Time Series”) è nato nel 2004 all'interno dell'organizzazione non governativa SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) per identificare e consolidare le informazioni reperibili dalle serie storiche più rappresentative a livello globale, per razionalizzare metodologie di campionamento e di analisi, con la realizzazione di protocolli standardizzati, per promuovere le interazioni ed i confronti tra le diverse regioni ed, infine, per spingere l'attivazione di piani di monitoraggio mirati.

In Mediterraneo sono attive due Task Force del CIESM, lo ZooPNEC Group e il MedZoo Group con lo scopo di raccogliere dati per la caratterizzazione dello zooplancton come indicatore ambientale e per armonizzare le informazioni che possono essere recuperate dalle diverse serie temporali di dati disponibili per il bacino.

Le serie temporali del Mediterraneo sono tutte costiere, e sono state analizzate principalmente per studi sulle successioni e sulle variazioni intra ed inter-annuali del popolamento zooplanctonico in relazione ai fattori fisico-chimici ed idrodinamici. Per una dimensione spaziale delle informazioni storiche sulle variazioni dello zooplancton del

Mediterraneo il MedZoo Group si propone di raccogliere i dati provenienti dalle diverse crociere oceanografiche.

La più lunga serie di mesozooplankton d'Italia si trova nel Golfo di Trieste (stazione C1 di Miramare) ed il campionamento, tuttora in corso, è iniziato nel 1970, con una frequenza mensile o quindicinale. Altra serie temporale, iniziata nel 1984 ed ancora in corso, si trova nel Golfo di Napoli (stazione Marechiara), sempre con campionamenti mensili o quindicinali; nel Golfo di Tigullio (Mar Ligure) è disponibile una serie di dati di 10 anni (1985-1995) raccolti con frequenza settimanale (Licandro e Ibanez, 2000).

L'azione di monitoraggio condotta in applicazione della Legge 979/82 (Difesa Mare) lungo le coste italiane da giugno 2001, interrotta a gennaio 2007, si configura per la sua regolarità come una vera e propria serie temporale, con il valore aggiunto di aver standardizzato ed uniformato le metodologie di campionamento ed analisi a livello nazionale; questo aspetto, fondamentale per il confronto dei risultati, crea infatti non pochi problemi di valutazione nella comparazione di serie temporali di dati, quando sono state applicate metodologie diverse.

1.8. Lo studio del mesozooplankton nel Programma di Monitoraggio per il Controllo dell'Ambiente Marino Costiero (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

La fascia di mare costiera del Lazio è stata monitorata quasi regolarmente dal 1996, data di inizio del "Programma di Monitoraggio Marino Costiero" (Legge 979/82), definito per mezzo di convenzioni tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (ex Servizio Difesa del Mare) e Regioni.

Da oltre 10 anni, quindi, viene svolta un'attività sistematica di monitoraggio delle acque marine costiere attraverso programmi pluriennali; la prima fase del programma ha avuto inizio nel 1996 e si è conclusa a dicembre del 2000; un nuovo programma è stato avviato il 4 giugno 2001 ed ha avuto termine a gennaio 2007, con un'interruzione di 3 mesi, da aprile a giugno del 2006.

Durante la prima fase di monitoraggio sono stati raccolti dati in circa 1700 punti lungo le coste nazionali, al fine di individuare aree costiere soggette a fenomeni di eutrofizzazione e di contaminazione delle acque e per l'attribuzione dello stato di qualità degli ambienti marini costieri italiani.

Tali indagini hanno, inoltre, permesso di individuare delle aree definite come “critiche”, caratterizzate da valori analitici per alcuni parametri sensibilmente più elevati rispetto alla media. In ogni regione è stata anche individuata un’area di controllo, il cosiddetto “bianco”, ovvero un’area che si avvicinasse quanto più possibile alle condizioni naturali e potesse essere quindi utilizzata come punto di riferimento per valutare il livello di compromissione delle aree critiche.

Il nuovo Programma di Monitoraggio Marino Costiero 2001-2007 vede ridotto drasticamente il numero di punti di campionamento rispetto al programma precedente, (57 aree “critiche” e 16 “di controllo” a livello nazionale), ma prevede, su tali punti, un notevole approfondimento analitico, sia per quanto riguarda le matrici da studiare, sia per la frequenza dei campionamenti (quindicinale per il plancton e per le acque).

Lo studio approfondito del plancton e di altre componenti biotiche dell’ecosistema marino costiero è una delle peculiarità analitiche del nuovo Programma di Monitoraggio che, a differenza del passato, punta sulla “qualità ambientale” del mare, oltre che alla sua “salubrità” (Di Girolamo, 2003).

La continuità di tale programma rappresenta, quindi, una occasione unica di verifica e di approfondimento della qualità delle acque marine costiere in relazione, soprattutto, alle numerose pressioni esercitate dalle attività umane. I risultati che emergono da questi controlli costituiscono un utile strumento per valutare ed indirizzare le politiche di tutela e rivalutazione territoriali.

I dati provenienti da queste ricerche, sono ad oggi gli unici che descrivono a livello nazionale la qualità degli ecosistemi marini costieri e sono stati impiegati per la programmazione del monitoraggio istituzionale svolto ai sensi del Decreto Legislativo 152/99 (*Tutela ed uso delle risorse idriche*), oggi superato dal Testo Unico sull’Ambiente (Decreto Legislativo 152/06), che rappresenta il riferimento legislativo nazionale per la tutela delle acque in attesa del recepimento della Direttiva Europea 2000/60/CE.

1.8. La classificazione delle acque marine costiere

La classificazione delle acque marine e, più in generale, la formulazione di un giudizio di qualità sulle stesse, oltre a rappresentare uno strumento per le normative nazionali ed internazionali, nelle quali vengono altresì indicati termini entro i quali raggiungere specifici stati di qualità ambientale, costituisce un problema particolarmente

sentito dai soggetti amministrativi che devono gestire attività di monitoraggio su base routinaria.

Gli indicatori attualmente disponibili permettono di individuare solo alcuni dei possibili impatti sulla costa, in quanto altri sfuggono dai protocolli di campionamento e dalle analisi convenzionali. In particolare vengono eluse le problematiche connesse con l'immissione e la dispersione di inquinanti dovuti al traffico marittimo o al trasporto fluviale che non possono essere facilmente correlate con le grandezze osservabili, anche se indirettamente possono essere legate alle modificazioni del trofismo marino lungo la fascia costiera.

Il monitoraggio istituzionale (D. Lgs 152/99), che nel Lazio viene svolto dal 2003, ha definito i criteri attuativi per la valutazione dello stato di qualità dell'ambiente marino costiero, con una prima classificazione basata su fattori fisici-chimici mediante l'applicazione dell'Indice Trofico TRIX (Vollenweider et al., 1998).

L'indice si basa su una combinazione lineare di quattro variabili idrologiche trasformate in logaritmo: differenza tra valore assoluto della solubilità dell'ossigeno nell'acqua e il valore misurato (100-OD%), concentrazioni di clorofilla "a", fosforo totale e azoto inorganico disciolto (DIN). Sono, quindi, le grandezze fisiche e quelle chimiche relative alle concentrazioni dei nutrienti ad essere prese in considerazione.

L'indice covaria con l'aumento delle concentrazioni delle variabili considerate o con l'allontanamento del valore di solubilità dell'ossigeno rispetto a quello misurato. Il valore di solubilità dell'ossigeno è legato alla variazione della produzione primaria oppure ad una forte respirazione in presenza di elevato accumulo di sostanza organica.

In tabella 1.2 sono elencate le classi di qualità per l'attribuzione dello stato trofico mediante l'indice TRIX.

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2-4	elevato	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia buono. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.
4-5	buono	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. Occasionalmente intorbidimenti e colorazioni.
5-6	mediocre	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
6-8	scadente	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni e ipossie/anossie sul fondo.

Tabella 1.2. Classi di qualità dello stato trofico per le acque marino costiere ai sensi del D Lgs. 152/99.

L'indice TRIX ha il limite di essere stato realizzato per ambienti eutrofici e, se applicato in aree mesotrofiche/oligotrofiche come le coste tirreniche, tende a classificare in uno stato più elevato i siti analizzati. Inoltre, come suggerisce la denominazione stessa, tale indice risulta più appropriato per una indicazione del grado di trofismo delle acque, piuttosto che della loro qualità ambientale in termini di presenza di sostanze potenzialmente dannose per gli ecosistemi.

Nel tentativo di fornire un approccio diverso da quello basato su un sistema più o meno complesso di valutazioni soggettive o sul calcolo di indici, nell'ambito del Programma di Monitoraggio Marino Costiero è stato elaborato un algoritmo denominato CAM- (Classificazione Acque Marine), che utilizza una procedura statistica di multivariata, concepito in modo da far emergere dall'analisi dei dati oceanografici disponibili le tipologie più ricorrenti e significative delle masse d'acqua, lasciando ad un momento successivo l'interpretazione delle loro proprietà (Scardi e Fresi 2001, reperibile sul sito www.mare-net.com/mscardi/work/cam/cam.htm).

La finalità del CAM è quella di fornire un giudizio sulla qualità delle acque basato su dati oceanografici fondamentali, ma è stato sviluppato anche per misurare rischi di tipo igienico sanitari. L'algoritmo di classificazione CAM si propone, infatti, come uno strumento di sintesi tra l'approccio di indagine oceanografica e quello dei monitoraggi gestiti dalle Amministrazioni competenti.

Le variabili utilizzate nel CAM sono: nitrati (NO₃), nitriti (NO₂), ammoniaca (NH₄), fosfati (PO₄), silicati (SiO₄), salinità, trasparenza e clorofilla "a": tali variabili sono legate tra loro dal punto di vista oceanografico secondo delle relazioni ben precise. Ad esempio,

all'aumentare della salinità, ovvero al diminuire degli apporti terrigeni, la trasparenza tende a crescere: al contrario, i silicati (SiO_4) diminuiscono, rappresentando un efficace tracciante dell'emissione delle acque dolci in ambiente marino. Salinità e concentrazione di silicati, quindi, tendono ad essere correlate negativamente. Anche il CAM, quindi, utilizza variabili legate alle potenzialità produttive del sistema, ma le variazioni dei parametri utilizzati sono quelle caratteristiche dell'ambiente considerato.

Il giudizio di qualità elaborato tramite il CAM viene formulato a due livelli: il primo livello prevede 6 classi di appartenenza, mentre il secondo solo tre.

Il giudizio a 3 classi è ottenuto correggendo la classificazione primaria in base alla relazione fra trasparenza, biomassa fitoplanctonica (Chl "a") e salinità, nonché in funzione del rapporto N/P. Il giudizio di qualità finale si abbassa se:

- la trasparenza è più bassa di quella attesa in base alla concentrazione di Chl a;
- il rapporto N/P è anomalo (<5 o >100 , ma solo con concentrazioni abbastanza elevate);
- la torbidità è alta in condizioni di salinità relativamente bassa.

Il sistema, inoltre, tiene conto delle differenze ecologiche fra l'Adriatico e gli altri mari italiani.

In tabella 1.3 è riportata la classificazione delle acque marine costiere in base all'algoritmo CAM: acque ideali corrispondono alle tipologie 1 e 2, mentre il rischio di tipo igienico sanitario, pur aumentando con il punteggio, è maggiore per i valori pari.

	Qualità globale delle acque		
Rischio igienico/sanitario relativo	ALTA	MEDIA	BASSA
MINORE	1	3	5
MAGGIORE	2	4	6

Tabella 1.3. Criteri di classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere in base all'algoritmo CAM.

La ripartizione in sole tre classi, con le caratteristiche di cui sopra, è quella che viene utilizzata per i dati del monitoraggio marino costiero in corso. Ad ogni classe è associata una tipologia di qualità ambientale rappresentata anche da un colore diverso:

- qualità ALTA: acque oligotrofiche (colore azzuro);
- qualità MEDIA: acque con diverso grado di eutrofizzazione, ma ecologicamente produttive e quindi funzionalmente integre (colore verde);
- qualità BASSA: acque eutrofizzate con evidenze di alterazioni ambientali anche di origine antropica (colore giallo).

L'assegnazione di una osservazione ad una delle tre classi sintetiche avviene sulla base di quelle effettuate su sei classi. In condizioni ideali, si assegna la tipologia azzurra alle classi 1 e 2, la classe verde a quelle da 3 a 5 e la classe rossa alla sola classe 6.

Questa soluzione, tuttavia, può essere troppo rigida e viene corretta facendo riferimento ad alcune semplici regole. Ad esempio, se in condizioni di salinità tipiche delle acque marine superficiali si osserva una elevata torbidità, non associata ad una elevata biomassa fitoplanctonica, è possibile che le misure siano state fatte durante una mareggiata o sulla sua scaduta ed i valori rilevati non sono da considerare anomali. Se invece la bassa trasparenza è associata ad una bassa salinità, allora è verosimile che le acque campionate siano sotto l'influsso diretto di immissioni di acque dolci, con i relativi rischi di tipo igienico/sanitario indotti da queste. La trasparenza, da parte sua, dipende sia dalla biomassa fitoplanctonica, sia dal particolato di altra natura in sospensione (detrito organico ed inorganico, ad esempio).

L'applicazione dell'indice TRIX e del CAM sugli stessi dati nelle acque marino costiere della Campania ha evidenziato una classificazione della qualità delle acque migliore con il TRIX rispetto al CAM (Saggiomo e Adamo, 2005)

2. MATERIALI E METODI

Lo studio riguarda l'analisi della componente mesozooplanctonica campionata dall'Arpalazio (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio) nell'ambito della convenzione siglata dalla Regione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, per la attuazione del Programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero 2001-2007.

Lungo le coste del Lazio sono state individuate 6 aree di indagine, 5 "critiche" ed 1 di "controllo", dislocate nelle province di Viterbo (VTA-Foce Marta), Roma (RMB-Ladispoli; RMC-Fiumicino) e Latina (LTD-Rio Martino; LTE-Monte d'Argento), provincia a cui è stata assegnata anche l'area di controllo nelle isole pontine (LTF-Zannone).

Per il campionamento, il trattamento e l'analisi dei campioni di mesozooplancton sono state seguite le metodiche di riferimento predisposte da ICRAM e Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio (A.A.V.V., 2001).

2.1. Area di studio

La costa laziale, escluse le isole pontine, ha una estensione di circa 300 km, di cui il 78% costituito da costa bassa e sabbiosa alternata da tratti di costa rocciosa (22%), che può costituire veri e propri promontori, come Capo Dinaro, Capo d'Anzio e Monte Circeo (AA.VV., 2006).

L'elemento morfologico caratterizzante l'intero litorale è il delta del Fiume Tevere; tale elemento consente di suddividere la costa laziale in tre unità con diverse caratteristiche. L'unità settentrionale che si estende verso sud fino a Palo Laziale, e costituisce il limite settentrionale del delta tiberino, è caratterizzato da un lungo e continuo arco sabbioso interessato dalle foci del Fiora, del Marta e del Mignone. L'unità centrale è costituita dal delta del Fiume Tevere che prosegue verso sud fino a capo d'Anzio. L'unità meridionale si distingue dalle precedenti per la quasi totale mancanza di apporti fluviali, tranne per il contributo del Fiume Garigliano che segna il limite sud-orientale del litorale laziale e per la presenza di cordoni dunari che si frappongono fra il mare e i laghi costieri di Fogliano, Monaci, Caprolace, Sabaudia e Lago Lungo e, infine, per la presenza di coste alte e frastagliate con piccole spiagge all'interno delle insenature. Le acque continentali che si riversano nel mare del Lazio esercitano una notevole influenza sulle condizioni del litorale, per effetto del trasporto in mare di sedimenti, di nutrienti o di sostanze inquinanti di altra

natura prodotte dalle attività antropiche. I quantitativi trasportati dai corsi d'acqua rappresentano un elemento fondamentale per poter comprendere i fenomeni e le criticità delle acque costiere e degli ecosistemi marini.

La stima della portata media annua complessiva dei fiumi che sfociano nel mare antistante le coste laziali è di 526 m³/s, di cui il 224,8 m³/s riferiti al Tevere e 141,8 m³/s al Garigliano. Il Volturno, pur non appartenendo alla regione Lazio, influenza le acque del Golfo di Gaeta contribuendo con una portata media di 84,0 m³/s (Boni *et al.*, 1996).

La corrente superficiale principale del Tirreno, che con andamento antiorario (SE-NO) risale lungo le coste, risente fortemente delle variazioni stagionali. Nei periodi invernale e primaverile parte delle acque atlantiche, portate dalla corrente nord africana, avvicinandosi alla Sicilia entrano nel Tirreno seguendo un ampio percorso ciclonico a cui si sovrappongono alcune circolazioni minori cicloniche ed anticicloniche. La più forte e stabile si trova nel Tirreno settentrionale, un'altra occupa la parte sud orientale ed un'ultima si trova tra la Sardegna e la Sicilia. In estate la circolazione del Tirreno è molto più complessa di quella invernale ed abbastanza variabile da un anno all'altro. A livello locale le informazioni sulle evoluzioni delle correnti marine costiere sono scarse o inesistenti.

2.2. Stazioni di prelievo

La selezione delle aree oggetto di indagine nell'ambito del programma di monitoraggio 2001-2007 è stata condotta sulla base delle conoscenze relative alle diverse realtà territoriali e dei risultati ottenuti nei precedenti monitoraggi. Sono state così individuate aree sottoposte a specifiche pressioni antropiche (aree critiche) ed aree scarsamente sottoposte a impatti (aree di bianco) con funzione di controllo, individuate principalmente all'interno delle Aree Marine Protette (Di Girolamo, 2003).

Per la Regione Lazio le stazioni di campionamento zooplanctonico definite come "critiche" sono 5 e tutte collocate alla distanza di 500 metri dalla costa, su una batimetria compresa tra 5 e 10 metri. Le stazioni differiscono per caratteristiche geomorfologiche e idrologiche: Foce Marta (VTA), Fiumicino (RMC), Rio Martino (LTD) si trovano rispettivamente in corrispondenza della foci dei fiumi Marta, Tevere e del canale di Rio Martino; Monte d'Argento (LTE) è posizionata di fronte all'omonimo promontorio nel Golfo di Gaeta, e risente parzialmente dell'influenza del fiume Garigliano. Tutte le aree sono caratterizzate

da fondali sabbiosi e in alcune sono presenti formazioni rocciose in prossimità della costa (Ladispoli, Monte d'Argento); tutte classificate sono nella tipologia di “basso fondale”, ovvero con una batimetria inferiore a 5 metri a 200 metri dalla costa. La stazione di “bianco” Zannone (LTF) è dislocata sulla parte sud-orientale dell’omonima isola, a circa 100 metri dalla costa. Zannone, parte integrante del Parco Nazionale del Circeo, è posizionata a circa 17 miglia da capo Circeo ed è caratterizzata da fondali rocciosi e classificata nella tipologia di “alto fondale”, ovvero con una batimetria superiore a 50 metri a 3000 metri dalla costa (Tabella 2.1) (Figura 2.1).

DENOMINAZIONE	CODICE STAZIONE	DISTANZA DALLA RIVA	PROFONDITÀ FONDALE	LATITUDINE NORD	LONGITUDINE EST	FREQUENZA CAMPIONAMENTO
Foce Marta	VTA	500 m	7,5 m	42° 13' 58"	011° 41' 19"	quindicinale
Ladispoli	RMB	500 m	6,5 m	41° 56' 19"	012° 4' 46"	quindicinale
Fiumicino	RMC	500 m	5 m	41° 46' 27"	012° 12' 58"	quindicinale
Rio Martino	LTD	500 m	7,5 m	41° 22' 48"	012° 54' 47"	quindicinale
Monte d'Argento	LTE	500 m	8 m	41° 14' 3"	013° 44' 3"	quindicinale
Zannone	LTF	100 m	9 m	40° 58' 19"	013° 3' 44"	quindicinale

Tabella 2.1 Stazioni di campionamento zooplanctonico della costa laziale. Programma di monitoraggio marino costiero 2001-2007.



Figura 2.1 Localizzazione dei siti di campionamento zooplanctonico: triangolo rosso stazioni “critiche” (VTA, RMB, RMC, LTD, LTE); triangolo azzurro stazione di “bianco” (LTF).

2.3. Metodo di campionamento

Gli organismi mesozooplanc tonici, di dimensioni convenzionalmente comprese fra 0,2 e 20 mm, sono stati prelevati lungo la colonna d'acqua con pescata obliqua, utilizzando una rete standard WP-2 (Ø 57 cm, lunghezza totale 260 cm) (Fraser, 1968; Zunini Sartorio, 1990a) con vuoto di maglia di 200 µm e munita di flussometro modello IDROMAR (Figure 2.2 A e B). In fondo alla rete è stato posizionato un peso di circa 5 kg per permetterne l'affondamento del retino.

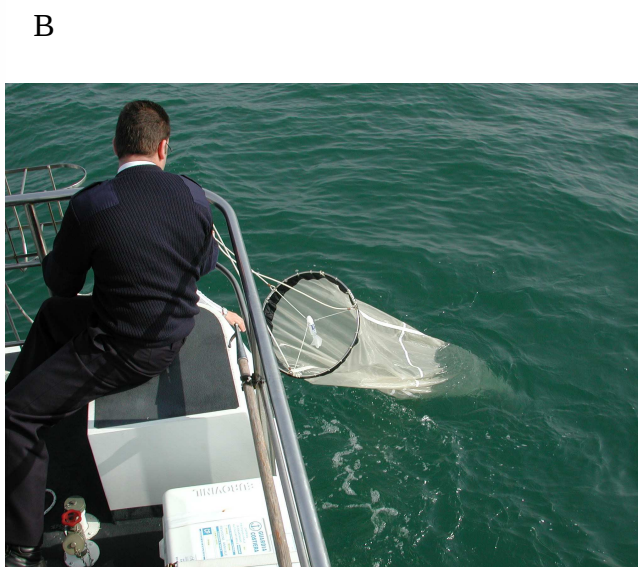
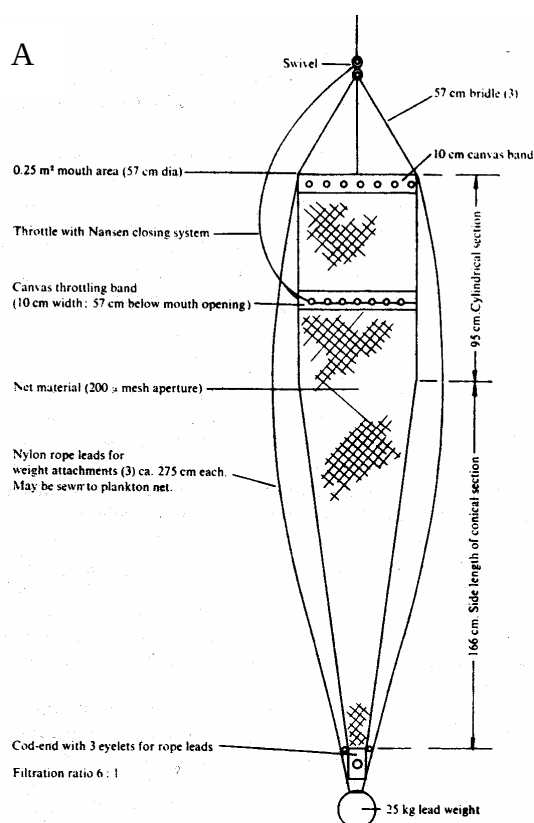


Figura 2.2. Schema del retino modello WP-2 utilizzato per il campionamento del mesozooplanc ton (A) (da Fraser, 1968) e recupero del retino durante la fase di campionamento (B).

I fattori che possono influenzare il campionamento sono stadi oggetto di varie ricerche, essendo questa una fase fondamentale del processo che riguarda lo studio del popolamento zooplanctonico; tra i vari aspetti, quelli maggiormente indagati sono stati l'efficienza di filtrazione dello strumento, la possibilità di intasamento della rete e fenomeni di *avoidance* ed *escapement* (Clutter e Anraku, 1968; Trunter e Smith, 1968; Sameoto *et al.*, 2000).

Il campionamento è stato eseguito calando la rete da un battello fermo fino alla massima profondità, facendo attenzione di non toccare il fondo e, quindi, salpandola obliquamente ad una velocità costante compresa tra 0,5-1 m/s, o comunque non superiore ai 2 nodi, in modo da permettere alla rete di filtrare l'acqua con la massima efficienza rispetto alle sue caratteristiche. Le operazioni di prelievo sono state eseguite trainando il retino per un tempo di circa 5 minuti. Il volume di acqua filtrato (V) è stato calcolato con la seguente formula:

$$V = N \times c \times A$$

dove:

N è il numero di giri dell'elica del flussometro, c la costante di calibrazione dello strumento ($=0,29$ nel caso specifico) e A l' area della bocca della rete in m^2 . Una volta recuperata la rete questa è stata lavata dall'esterno con acqua di mare, in modo da convogliare nel collettore tutto il materiale raccolto. Dopo essere stato concentrato nel collettore posto in fondo alla rete da campionamento e provvisto di finestra con retino da $200\ \mu m$ per facilitare il deflusso dell'acqua durante la raccolta, il campione di mesozooplankton è stato trasferito in un barattolo di plastica da 1 litro (Figure 2.3 A e B)

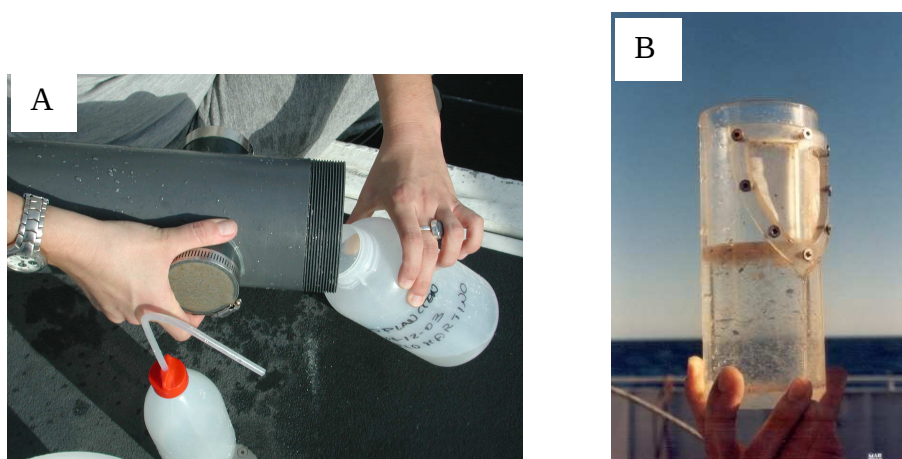


Figura 2.3 Recupero del materiale campionato dal collettore (A) posto in fondo alla rete. Esempi di modelli diversi di collettore (B).

2.4. Conservazione e trattamento del campione per l'analisi microscopica

Il materiale raccolto è stato immediatamente fissato aggiungendo 20 ml di formaldeide al 37% neutralizzata con tetraborato di sodio in 500 ml di campione (Steedman, 1968). Per evitare l'inalazione dei vapori tossici di formalina durante l'analisi il

campione è stato preventivamente filtrato sotto cappa, su un filtro con maglie da 100 μm per evitare la perdita di organismi.

Per la valutazione della densità, il campione è stato quindi risospeso con acqua di mare filtrata con filtro da 20 μm , priva di fissativi, con volumi variabili a seconda della concentrazione del materiale. In tutti i campioni l'analisi è stata effettuata su almeno 4 subcampioni, di 5 o 10 ml ciascuno, prelevati dopo aver delicatamente mescolato il volume iniziale (V) affinché gli organismi risultassero uniformemente distribuiti (Metodo della *Pipetta di Stempel* modificato) (Zunini Sertorio, 1990b) (Figure 2.4 A e B).

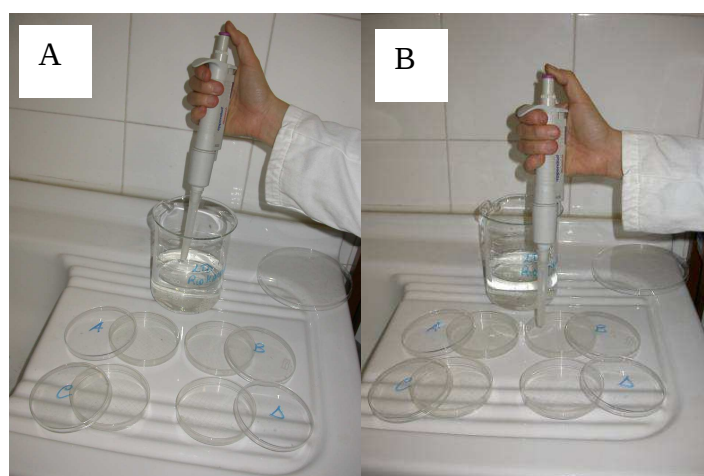


Figura 2.4 Mescolamento (A) e subcampionamento (B) del materiale raccolto.

Il ricorso al subcampionamento ha implicazioni di carattere statistico rilevanti. Frontier (1972) ha affrontato il problema della stima dell'errore relativo al conteggio di aliquote di campioni di zooplankton, giungendo alla conclusione che non è utile contare più di un centinaio di individui di ciascuna delle categorie sistematiche, poiché oltre quel limite l'errore statistico legato alla stima dell'abbondanza del campione totale diminuisce molto lentamente; l'errore massimo associato a tale metodo di conteggio è del 31%, al livello fiduciale del 95%. Tale grado di precisione sembra del tutto accettabile se si tiene presente che la distribuzione delle popolazioni zooplanctoniche in mare è generalmente caratterizzata da una forte aggregazione. L'identificazione ed il conteggio degli organismi appartenenti ai diversi *taxa* è stato eseguito allo stereomicroscopio con ingrandimento massimo 6.6x, utilizzando una capsula Petri con una griglia tracciata sul fondo, per assicurare il conteggio di tutti gli individui presenti nella piastra (Figure 2.5 A e B) (ICRAM-APAT, 2001).

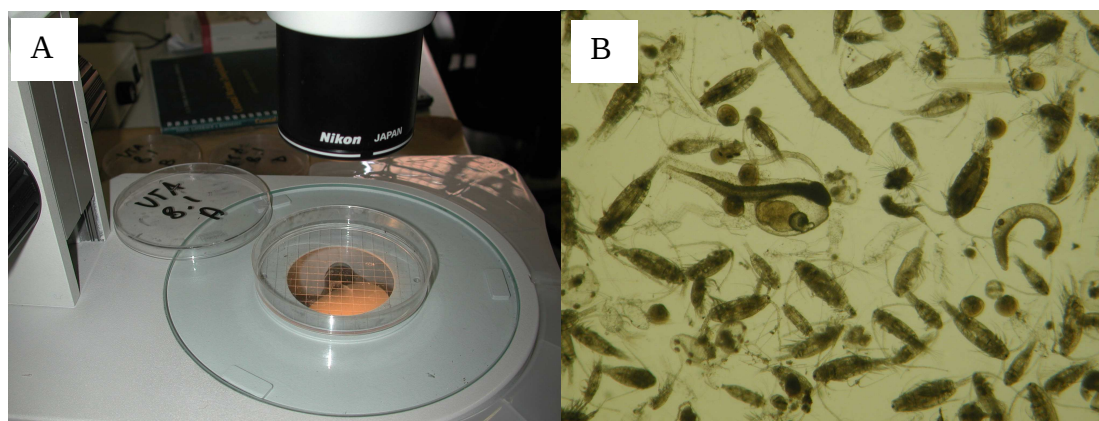


Figura 2.5 Lettura allo stereomicroscopio su piastra Petri (A) degli organismi mesozooplanctonici (B)

Gli individui di dubbia determinazione sono stati di volta in volta separati dalla piastra di conta e, dopo dissezione e preparazione di vetrini, osservati al microscopio ottico (40x). I valori ottenuti dalla conta sono stati trasferiti su un foglio di calcolo Excell specificatamente predisposto per il calcolo delle abbondanze.

Il numero di organismi presenti nel campione originale (N_c) è stato quantificato dal numero totale di organismi presenti nei subcampioni (N_{sc}) e dal numero di ml esaminati nel subcampione (v), mediante la seguente formula:

$$N_c = \frac{N_{sc}}{v} \times V$$

con V uguale al volume iniziale.

Infine, dividendo N_c per il volume di acqua filtrato (m^3) durante il campionamento è stata ottenuta la densità degli individui, espressa come numero di individui per metro cubo (ind/m^3) (Zunini Sartorio, 1990b). Al termine dell'analisi, operando sotto cappa, il campione è stato rifiltrato e sospeso nuovamente in acqua di mare originaria con aggiunta di formalina per la conservazione a lungo termine.

2.5. Struttura del data-set

Lo studio della componente mesozooplanctonica delle coste laziali ha riguardato in totale l'analisi di 613 campioni prelevati in 6 stazioni con frequenza quindicinale, quando possibile, da agosto 2001 a gennaio 2007, con una interruzione di tre mesi nel 2006, da aprile alla prima metà di luglio (Tabella 2.2).



Tabella 2.2 Campionamenti di zooplankton analizzati da agosto 2001 a gennaio 2007 nelle 6 stazioni di monitoraggio (Foce Marta, Ladispoli, Fiumicino, Foce Rio Martino, Monte d'Argento, Zannone)

2.6. Determinazione tassonomica del popolamento

La determinazione tassonomica del popolamento zooplanctonico ha rappresentato la parte più lunga e laboriosa dell'intero lavoro.

La classificazione degli organismi è stata eseguita a livello di specie per i gruppi dei Copepodi e dei Cladoceri, a livelli tassonomici superiori per il resto dell'oloplancton. Il meroplancton è stato identificato a livello di grandi gruppi come stadi larvali indeterminati.

I differenti stadi immaturi dei Copepodi, naupli I-VI e copepoditi I-V, sono stati identificati rispettivamente come naupli di Copepodi e come giovanili (*yuv*) e determinati a livello di genere o di famigli. La classificazione a livello di specie delle forme giovanili è difficile da definire in quanto le caratteristiche specifiche essenziali per la determinazione si evidenziano chiaramente solo nello stadio adulto, tuttavia è possibile arrivare abbastanza facilmente alla classificazione a livello di genere sulla base del profilo generale del corpo (in particolare del capo e della furca) e della struttura delle appendici cefaliche (Figura 2.6).

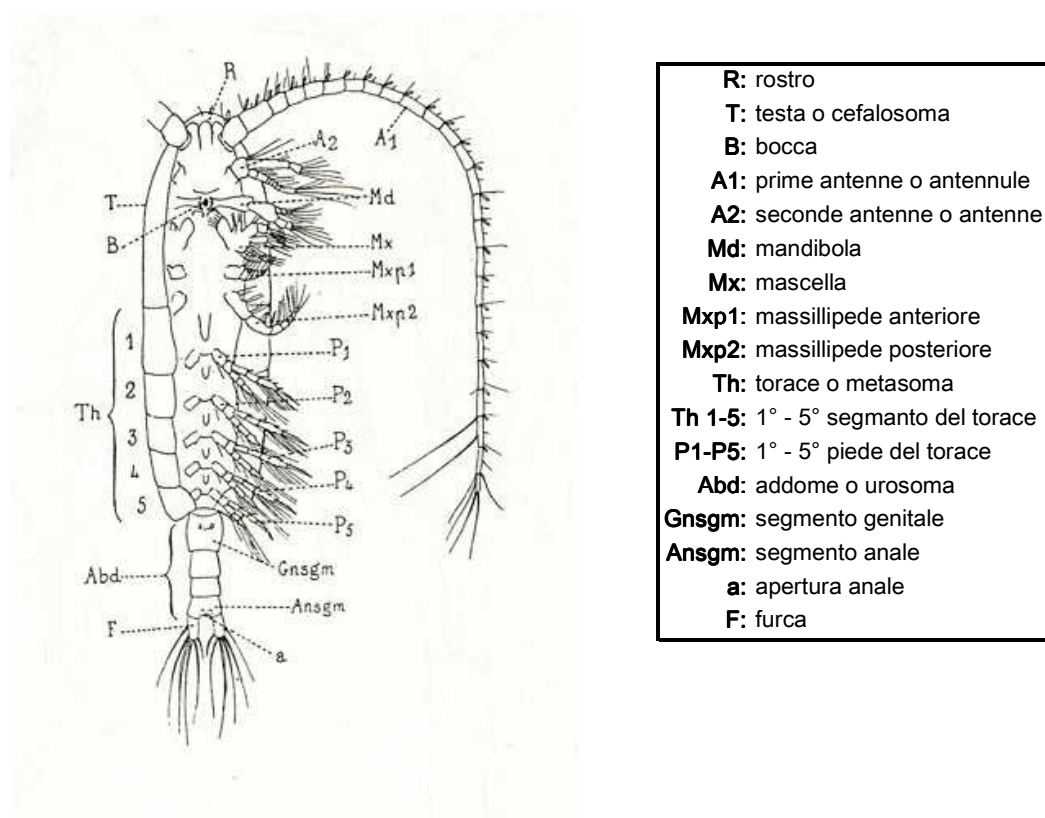


Figura 2.6 Schema generale di un Copepode Calanoide adulto (Rose, 1993).

Per l'identificazione delle specie sono state utilizzate sia referenze bibliografiche di carattere generale (Rose, 1993; Tregouboff & Rose, 1957; Huys & Boxshall, 1991, Todd & Laverack, 1991; Young et al., 2002; Newen & Newen, 1979; Carli e Crisafi, 1983) sia numerosi specifici lavori sui singoli *taxa* (generi, famiglie).

Le incertezze nella determinazione sono state risolte mediante interconfronto con altri laboratori e riscontro con organismi della collezione di materiale zooplanctonico depositata nel Laboratorio di Biologia Oceanografica Stazione Zoologica "Anton Dorn" di Napoli.

In appendice al lavoro è riportata una scheda con tutte le specie determinate accompagnate da una nota sulla loro distribuzione ed ecologia.

2.7. Elaborazione dati

2.7.1. Analisi descrittiva

I dati relativi alle 6 serie, disponibili con frequenza quindicinale, da agosto 2001 a gennaio 2007, sono stati analizzati mediando sia dal punto vista spaziale che temporale le misure. Le diverse categorie risultanti sono state evidenziate mediante grafici ad istogramma semplici o con espressione del contributo percentuale di ciascun valore al totale.

Ai valori medi calcolati sono state associate sia la variabilità della misura stessa, calcolata come deviazione standard (s):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

sia come incertezza della stima del valore medio, definito come errore standard della media, ovvero:

$$s_r = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

L'errore standard (s_r), infatti, descrive l'incertezza nella stima di una media (o altro valore statistico), mentre la deviazione standard descrive la variabilità di misure effettuate della popolazione.

L'errore standard è, quindi, un valore direttamente correlato alla variabilità della misura ottenuta, tanto più piccolo è l'errore standard, tanto minore è la variabilità della misura, quindi tanto più attendibile è la statistica (es. una media, una percentuale, etc.).

2.7.2. Misure di diversità

Per definire la complessità del popolamento zooplanctonico sono stati utilizzati tre diverse misure di diversità, le quali consentono di sintetizzare l'informazione contenuta nella comunità:

- la ricchezza specifica (S), intesa come il numero di specie per campione;
- l'indice di diversità di Shannon (H) (Shannon, 1948), calcolato come:

$$H = - \sum_{i=1}^p \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$$

dove p è il numero di specie, n_i è il numero di individui che appartengono alla i -ma specie ed N è il numero totale di individui di tutte le specie presenti nel campione;

- indice di Pielou (o *evenness*) (J) mette in relazione le misure di diversità ed il numero massimo di specie osservate, è calcolato come:

$$J = \frac{H}{\ln S}$$

L'indice di diversità di Shannon rappresenta la quantità media di informazione per individuo, secondo un criterio per cui ogni individuo di una specie, una volta identificato, ha un contenuto di informazione tanto più rilevante quanto più la specie è rara. Il massimo valore di H si ottiene quando tutte le specie hanno la medesima frequenza, mentre il minimo si osserva quando tutte le specie sono rappresentate da un solo individuo, tranne una a cui appartengono i rimanenti individui.

L'*evenness*, detta talvolta anche regolarità, definisce la distribuzione degli individui tra le specie del campione; quanto più il valore di J si avvicina ad 1, valore massimo, tanto più la differenza nel numero di individui è piccola, ovvero tutte le specie del campione tendono ad essere rappresentate dallo stesso numero di individui.

Il calcolo dei valori di diversità è stato effettuato mediante i programmi statistici PAST (ver. 1.75) e PRIMER.

2.7.3. Analisi multivariata

Al fine di ridurre la complessità dei dati ad un livello interpretabile, è stata applicata sia all'intero set di dati sia ad una selezione di *taxa*, una tecnica di classificazione multivariata, l'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze, o semplicemente Analisi delle Corrispondenze, una tecnica di ordinamento di grande interesse in ecologia (Benzecri *et coll.*, 1973). A differenza di altre tecniche, l'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze consente di rappresentare simultaneamente i punti-variabile ed i punti-osservazione, con coordinate tali da rendere massima la correlazione fra i due insiemi per ogni fattore. La dualità di questo tipo di analisi, tuttavia, non è il suo unico pregio. Una caratteristica di enorme interesse dell'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze è l'equivalenza distribuzionale. In pratica, poiché ad 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. Analogamente, se un'osservazione è replicata con risultati coerenti, può essere indifferentemente cumulata alla precedente o trattata come una nuova osservazione.

L'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze può essere effettuata in tre fasi principali:

- calcolo di una matrice simmetrica di prodotti scalari;
- calcolo degli autovalori e degli autovettori di tale matrice;
- calcolo delle coordinate e dei contributi assoluti (cioè dei contributi delle osservazioni e delle variabili agli assi fattoriali) e relativi (cioè degli assi fattoriali alla descrizione di osservazioni e variabili).

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 ed il grado di strutturazione del sistema, e sulla base dei contributi relativi per quanto riguarda i singoli *taxa* e le singole stazioni.

La matrice dei dati $A_{n \times p}$ è stata organizzata in modo tale che risulti p (descrittori=specie) $\leq$ di n (osservazioni=stazioni), al fine di ottimizzare le procedure di calcolo, con le osservazioni corrispondenti alle righe ed i descrittori alle colonne.

La matrice A , così organizzata, viene trasformata nella matrice U , in cui

$$u_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} - \frac{\sqrt{a_i a_j}}{a}$$

La matrice U contiene dunque gli scarti degli elementi di A pesati sulla media geometrica delle somme marginali di riga e di colonna rispetto alla stessa media geometrica pesata sul totale generale.

La matrice dei prodotti scalari S, di rango p, si ottiene quindi moltiplicando tale matrice per la sua trasposta U'

$$S = U'U$$

Si calcolano quindi gli autovalori (λ_j) e gli autovettori (v_{jh}) della matrice S.

Poiché non è strettamente necessario calcolare tutti gli autovalori e gli autovettori, spesso ci si limita ad estrarre solo i primi 2 o 3, i quali, peraltro, sono in generale largamente sufficienti ai fini dell'analisi. Nel caso specifico sono stati estratti i primi 5.

Si calcolano quindi le coordinate delle osservazioni:

$$f_{ih} = \sum_{j=1}^p \frac{a_{ij} v_{jh}}{a_i \sqrt{\frac{a_j}{a}}}$$

per gli h assi fattoriali richiesti. Si passa poi alle coordinate delle variabili:

$$g_{jh} = \sum_{i=1}^n \frac{a_{ij} f_{ih}}{a_j \sqrt{\lambda_h}}$$

Successivamente si calcolano i contributi assoluti all'h-mo fattore da parte della i-ma osservazione e della j-ma variabile:

$$ca(f_{ih}) = f_{ih}^2 \frac{a_i}{a \lambda_h}$$

$$ca(g_{jh}) = g_{jh}^2 \frac{a_j}{a \lambda_h}$$

Infine, si calcolano i contributi relativi dell'h-mo fattore, all'i-ma osservazione ed alla j-ma variabile:

$$cr(f_{ih}) = \frac{f_{ih}^2}{\sum_{h=1}^m f_{ih}^2}$$

$$cr(g_{jh}) = \frac{g_{jh}^2}{\sum_{h=1}^m g_{jh}^2}$$

L'analisi delle corrispondenze è stata eseguita mediante il programma elaborato da Scardi (1997) reperibile sul sito <http://www.mare-net.com/mscardi>.

2.7.4. Analisi spaziale e temporale delle serie.

Per testare la regolarità del segnale stagionale è stata calcolata per ognuna delle serie l'autocorrelazione di rango a 12 mesi della coordinata dei campioni sul primo asse della CA condotta su tutti i *taxa* e tutte le stazioni, mediante i coefficienti Spearman r e Kendall τ . Questi test di rango non parametrici sono utilizzati per valutare la correlazione tra due variabili (descrittori) attraverso una permutazione basata su 1000 repliche ed hanno come fine la verifica dell'ipotesi nulla di indipendenza fra i descrittori. Il coefficiente di correlazione di rango r di Spearman corrisponde ad un coefficiente di correlazione r di Pearson calcolato sui ranghi dei dati anziché sui dati bruti e può essere ottenuto come segue:

$$r_{jk} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

dove d è la differenza tra il rango della j -ma osservazione per il descrittore j e quello per il descrittore k .

Il coefficiente r di Spearman si applica nel caso di relazioni in cui deve essere verificata la monotonicità, anche se di tipo non lineare e la “robustezza” della correlazione di rango in condizioni di non linearità delle relazioni fra descrittori è la caratteristica che rende particolarmente interessante l'applicazione di questo tipo di coefficiente (Scardi, 2001).

Il coefficiente τ di Kendall è definito come segue:

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)}$$

Dove n è il numero delle osservazioni ed S è il numero delle coppie di osservazioni che, ordinate per ranghi crescenti relativamente alla prima variabile hanno anche rango crescente per la seconda variabile, a cui si sottrae il numero di coppie di osservazioni per cui il rango relativo alla seconda variabile è invece decrescente.

Per l'esecuzione delle analisi sono stati eliminati dalle serie tutti i campioni per cui non vi era corrispondenza nella data di campionamento nel confronto a 12 mesi. Analogamente, è stata calcolata la correlazione incrociata di rango tra le diverse coppie di campioni, per

valutare la significatività di non correlazione nello spazio delle serie. Sono stati considerati come significativi i valori di probabilità di non correlazione $p(r)$ e $p(\tau) < 0,1\%$. Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

Il segnale di stagionalità delle diverse serie è stato ulteriormente verificato mediante il test di Mantel, al fine di ottenere una misura del grado di correlazione tra tutti gli elementi di due matrici, ottenute mediante due coefficienti:

- il coefficiente di distanza di Bray-Curtis (1957) (coefficiente di tipo quantitativo):

$$S_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^s |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^s (x_{ij} + x_{jk})}$$

- il coefficiente di similarità di Jaccard (1900) (coefficiente di tipo qualitativo):

$$S_{jk} = \frac{a}{a+b+c}$$

dove j e k sono due vettori-osservazione, a il numero di elementi in comune tra i due vettori-osservazione, b e c il numero di elementi non nulli (presenti) esclusivamente nell'uno o nell'altro vettore. L'ipotesi nulla che viene testata è quella di indipendenza tra le due matrici analizzate, mentre il livello di probabilità relativo al valore della statistica viene calcolato sulla base di una procedura iterativa (Scardi, 2001). Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

Per analizzare la casualità della ricorrenza delle specie nel tempo, un test non-parametrico (Runs test) è stato condotto per ogni serie; la non casualità della ricorrenza delle specie potrebbe essere dovuta ad effetti di autocorrelazione, trend e periodicità. Il test si basa sulla presenza-assenza ed i valori della serie sono convertiti come 0 ($x = 0$) e 1 ($x > 0$); i numeri di "runs" (gruppi di valori uguali consecutivi) contati vengono quindi comparati ad un valore teorico. E' stata ritenuta significativa la ricorrenza non casuale per specie con $p(\text{random}) < 0,01$. Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

Inoltre, i *taxa* che contribuiscono maggiormente al differenziamento delle comunità nei diversi siti di campionamento sono stati evidenziati mediante la procedura SIMPER (*Similitary Percentage*), metodo attraverso il quale è possibile osservare le differenze tra gruppi di campioni (Clarke, 1993). Il coefficiente di similarità di Bray-Curtis costituisce la misura implicita del sistema.

La significatività delle differenze tra tutte le stazioni è stata, infine, testata attraverso l'analisi delle similarità (ANOSIM), test non parametrico che valuta la significatività delle differenze tra gruppi, basato sul confronto delle distanze tra i diversi gruppi e all'interno del gruppo stesso. Se r_b è la media del rango di tutte le distanze tra gruppi e r_w la media del rango di tutte le distanze all'interno dei gruppi, il test statistico R è definito come:

$$R = \frac{r_b - r_w}{N(N-1)/4}$$

Dove $R > 1$ significa dissimilarità tra gruppi. Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

Per ogni serie temporale è stata effettuata una classificazione mediante Clustering gerarchico. La identificazione di gruppi di campioni è stata condotta sui dati di abbondanza non trasformati, utilizzando la misura di distanza di Bray-Curtis; l'algoritmo usato per l'aggregazione dei campioni è l'UPGMA, in cui i cluster sono uniti sulla base delle distanze medie tra tutti i membri dei gruppi. Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

2.7.5. Associazioni di specie

Al fine di individuare i *taxa* che maggiormente caratterizzano ognuna delle serie di campioni e i gruppi definiti all'interno delle singole serie, è stato utilizzato un Indicator Species Analysis (ISA) (Dufrene & Legendre, 1997), tecnica che consente di valutare il valore delle singole specie come indicatori di particolari condizioni che caratterizzano un gruppo di osservazioni. La procedura di calcolo combina le informazioni relative alla densità delle specie con quelle relative alla costanza della loro presenza in un gruppo di osservazioni, restituendo per ogni gruppo di osservazioni un valore indicatore (*indicator value* o INDVAL) per ogni specie analizzata.

Se A è una matrice in cui le n righe rappresentano altrettanti campioni e le s colonne altrettante specie e se i campioni sono ripartiti fra g gruppi di numerosità n_k , allora a_{ijk} è l'abbondanza della j -ma specie nell' i -mo campione che appartiene al gruppo k .

Si può quindi calcolare l'abbondanza media x_{kj} della specie j nel gruppo di campioni k :

$$x_{kj} = \sum_{i=1}^{n_k} \frac{a_{ijk}}{n_k}$$

e da questa l'abbondanza relativa RA_{kj} della specie j nel gruppo di campioni k :

$$RA_{kj} = \frac{x_{kj}}{\sum_{k=1}^g x_{kj}}$$

Successivamente si deve calcolare la frequenza media RF_{kj} della presenza di una specie j nel gruppo di campioni k . Per ottenere tale frequenza si trasforma innanzitutto la matrice A in una matrice binaria B e quindi si calcola:

$$RF_{kj} = \sum_{i=1}^{n_k} \frac{b_{ij}}{n_k}$$

Combinando abbondanze relative (RA) e frequenze medie (RF) si ottiene quindi il valore indicatore (IV), che può essere poi espresso come una percentuale:

$$IV_{kj} = RA_{kj} \cdot RF_{kj} \cdot 100$$

Il valore indicatore più elevato riscontrato per ciascuna specie fra i diversi gruppi di campioni è quindi considerato come il valore indicatore generale per la specie in esame.

La significatività dei valori indicatori viene poi testata utilizzando una tecnica di Monte Carlo, cioè confrontando i valori indicatori osservati per ciascuna specie con una distribuzione empirica di riferimento generata riassegnando casualmente i singoli campioni ai diversi gruppi e ricalcolando i valori indicatori per un numero molto elevato di volte (es. 1000 volte). In particolare, saranno considerati significativi i valori indicatori per i quali il valore osservato supera almeno il 95% di quelli ottenuti per permutazione aleatoria dell'insieme dei dati (Scardi, 2001). Le elaborazioni per l'ISA sono state effettuate mediante il programma statistico PCORD.

2.7.6. Confronto zooplancton e indice di classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)

I risultati del CAM per le stazioni costiere della regione, reperibili sul sito della banca dati SIDIMAR, sono stati confrontati con i valori delle coordinate sul primo (CA1) e secondo asse (CA2), ottenuti mediante AFC, per le osservazioni corrispondenti.

Il confronto tra le osservazioni è stato evidenziato mediante la rappresentazione sintetica dei diagrammi Box-plot e, al fine di testare la significatività delle differenze tra le mediane delle due distribuzioni è stato utilizzato il test di Mann-Whitney, che rappresenta

un'alternativa non-parametrica al test t di Student sulle differenze fra medie. Il test U assume che la variabile in considerazione sia stata misurata su una base almeno ordinale (come rango, quindi), ma può ovviamente essere applicato anche a dati quantitativi se si ritiene che le condizioni necessarie affinché il test t di Student possa essere applicato non siano soddisfatte (es. nel caso in cui la distribuzione dei dati non sia normale). Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma statistico PAST (ver. 1.75).

3. RISULTATI

3.1. *Analisi del popolamento mesozooplanctonico*

Lo studio della componente mesozooplanctonica delle coste laziali ha riguardato in totale l'analisi di 613 campioni, prelevati da agosto 2001 a gennaio 2007 in 6 stazioni, 5 disposte lungo la costa ed una in prossimità dell'isola di Zannone. Le attività di monitoraggio hanno subito una interruzione di tre mesi nel 2006, da aprile alla prima metà di luglio. I campionamenti sono stati effettuati, quando possibile, con una frequenza quindicinale.

I campioni prelevati da agosto 2001 a maggio 2002, come previsto dal Programma di Monitoraggio Marino Costiero per il primo anno di attività, sono stati identificati a livello di gruppi zooplanctonici principali, Copepodi, Cladoceri ed "Altro zooplancton"; i dati sono stati quindi utilizzati per le analisi delle abbondanze totali zooplanctoniche e dei grandi gruppi. Nel materiale prelevato da giugno 2002 a gennaio 2007 la determinazione tassonomica è stata effettuata per i Copepodi ed i Cladoceri, dove possibile, a livello di specie e a livelli tassonomici superiori per il resto dell'oloplancton. Il meroplancton è stato identificato a livello di grandi gruppi come stadi larvali indeterminati.

3.1.1. *Andamento delle abbondanze zooplanctoniche totali*

L'andamento delle abbondanze medie totali del popolamento mesozooplanctonico, calcolate da agosto 2001 a gennaio 2007 a livello regionale, mostra una accentuata variabilità interannuale, soprattutto in termini quantitativi (ind/m³) e, sebbene sia evidente una successione stagionale, non è identificabile un *pattern* ricorrente di fluttuazioni nei diversi anni (Figura 3.1).

Valori minimi e massimi stagionali si alternano durante l'intero periodo, ricadendo ogni anno in momenti diversi: nel 2002 i valori minimi di densità media si osservano nella prima metà di gennaio (51,0 ind/m³), nel 2003 nella seconda metà di maggio (177,5 ind/m³), nel 2004 nella prima metà di giugno (329,8 ind/m³), nel 2005 nella prima metà di luglio (736,8 ind/m³) e nel 2006 nella prima metà di agosto (205,0 ind/m³); mentre i valori massimi si osservano nel 2002 nella seconda metà di agosto (3509,7 ind/m³), nel 2003 nella prima metà di gennaio (1920,2 ind/m³), nel 2004 nella seconda metà di ottobre (2948,4 ind/m³), mentre nel 2005 si osserva nella seconda metà di marzo (8365,9 ind/m³) e rappresenta

anche il valore di densità zooplanctonica massimo assoluto dell'intero periodo, seguito dal picco 2006, che ricade nella prima metà di ottobre (6760,3 ind/m³).

Le abbondanze medie totali zooplanctoniche, calcolate a livello regionale evidenziano una tendenza ad aumentare nel tempo, come si osserva anche dai valori ottenuti a livello regionale per gli anni interamente campionati (2002-2005) (Figura 3.2).

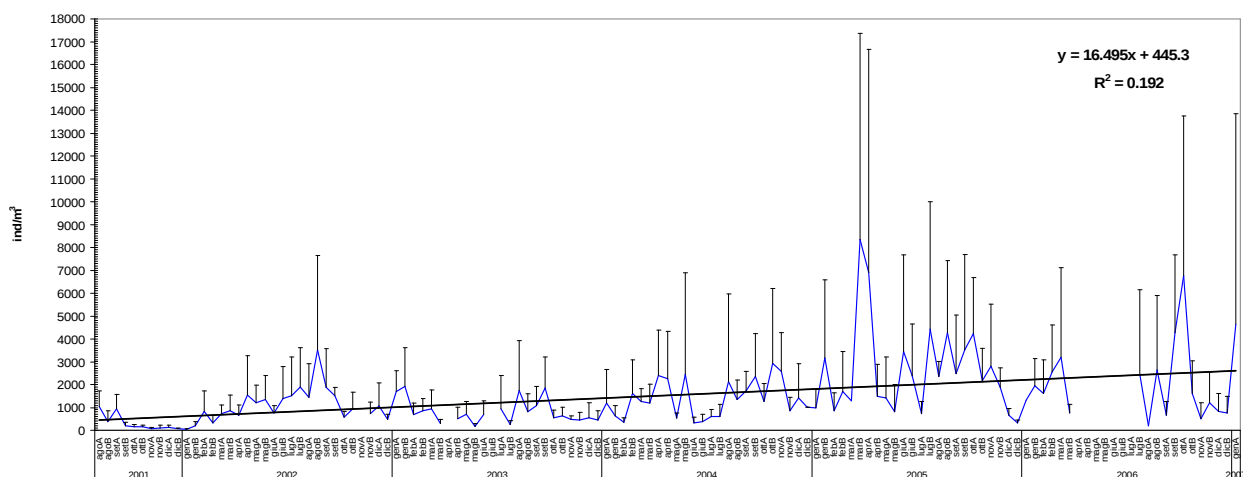


Figura 3.1 Andamento delle abbondanze medie del totale zooplancton calcolate a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

Il 2006 non è stato incluso nell'analisi dei valori medi totali a causa dell'interruzione delle attività di campionamento avvenuta da aprile a luglio, mesi particolarmente significativi dal punto di vista degli incrementi annuali zooplanctonici.

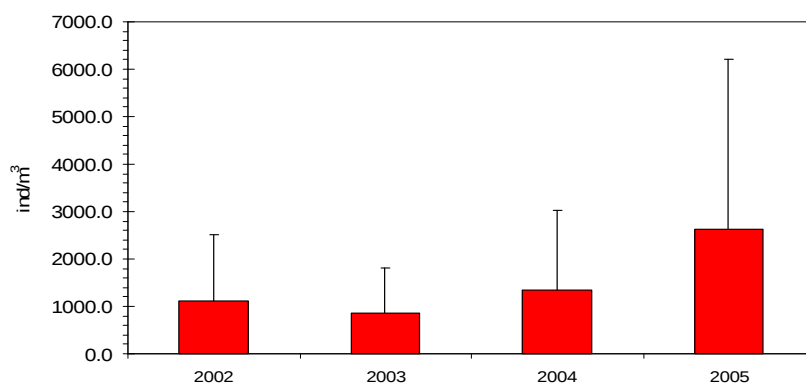


Figura 3.2. Andamento annuale delle abbondanze medie del totale zooplancton calcolate a livello regionale negli anni interamente campionati. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

Il sito con valori di abbondanze medie del totale zooplancton (2001-2007) più elevati è la stazione costiera di Monte d'Argento (LTD) (2455,9 ind/m³) mentre, sempre lungo la costa, la stazione con valori più bassi risulta Fiumicino (RMC) con 1050,8 ind/m³. I valori più bassi in assoluto si registrano nella stazione di controllo dell'isola di Zannone (LTF) con 470,9 ind/m³ (Figura 3.3).

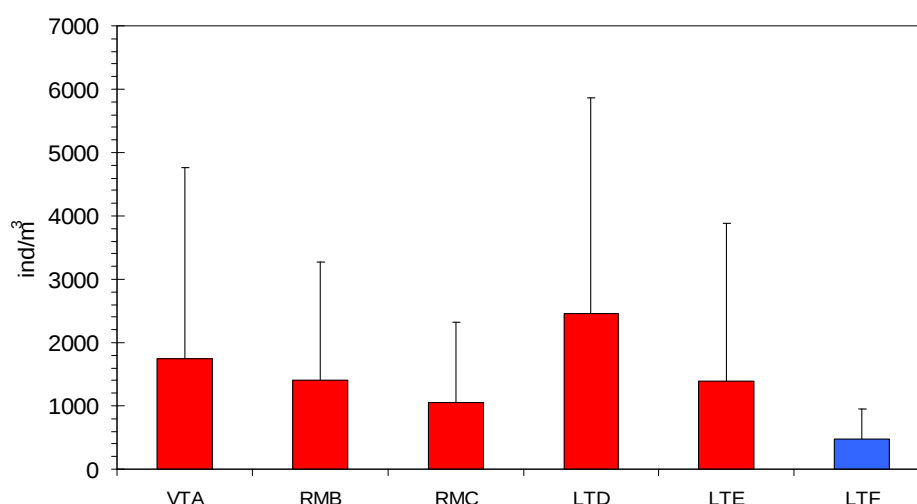


Figura 3.3. Abbondanze medie del totale zooplancton nelle 6 stazioni campionate dal 2001 al 2007. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

3.1.2. Variabilità temporale e spaziale dei principali gruppi zooplanctonici

L'andamento dei valori medi di densità dei Copepodi, Cladoceri ed "Altri gruppi", calcolati da agosto 2001 a gennaio 2007 a livello regionale, evidenzia una accentuata variabilità temporale a carico di tutti i gruppi (Figura 3.4).

I Copepodi mostrano in generale valori di densità media più elevati a fine estate-inizio autunno, tranne nel 2003, in cui le densità maggiori si osservano ad inizio primavera; i Copepodi costituiscono, inoltre, il gruppo più abbondante (oltre il 50% dell'intero popolamento) nel 60% dei campioni (Figura 3.5), arrivando a rappresentare fino al 90% dello zooplancton totale raccolto nella seconda metà di novembre 2004.

I Cladoceri contribuiscono in maniera sostanziale alla composizione del popolamento zooplanctonico principalmente nei mesi estivi, rappresentando in alcuni casi il gruppo dominante, con un contributo percentuale medio più elevato del 72,2% registrato nel mese di agosto del 2002; la loro presenza si riduce notevolmente in primavera ed in autunno, fino a scomparire completamente nel periodo invernale (Figure 3.4 e 3.5).

L'insieme degli "Altri gruppi" zooplanctonici, di cui in seguito vedremo nei particolari la composizione, sono presenti con densità variabili tutto l'anno, diventando nei mesi invernali l'elemento più importante. In particolare, nella seconda metà di gennaio 2004 il loro contributo percentuale medio ha raggiunto il valore di 64,7% rispetto all'intero popolamento zooplanctonico (Figure 3.4 e 3.5). In allegato 7.1 sono riportate le tabelle dei dati con i valori medi, le deviazioni standard (S) e gli errori standard della media (S_f).

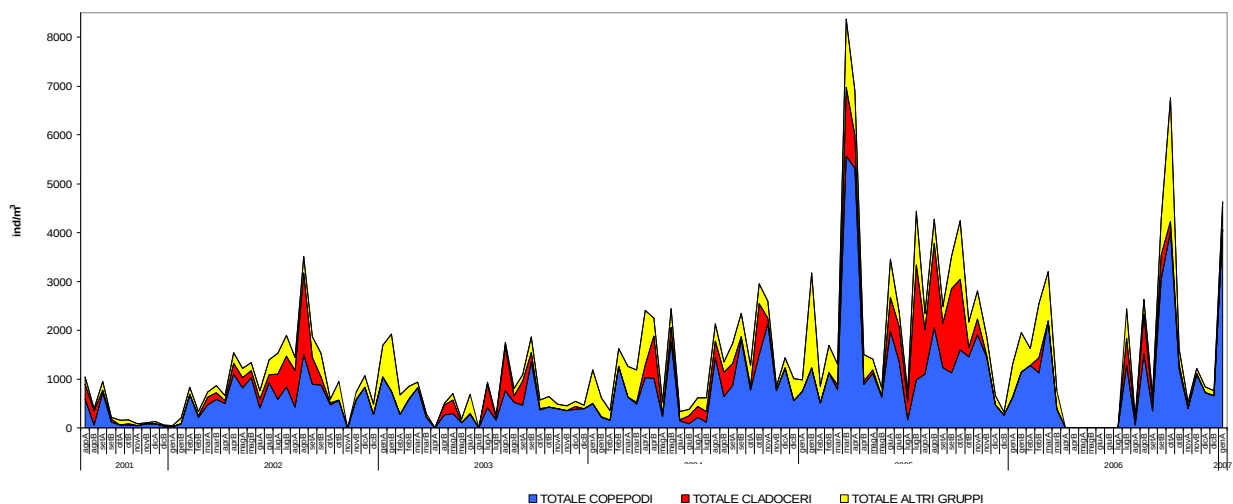


Figura 3.4. Andamento delle abbondanze medie dei principali gruppi del popolamento zooplanctonico, calcolate a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007.

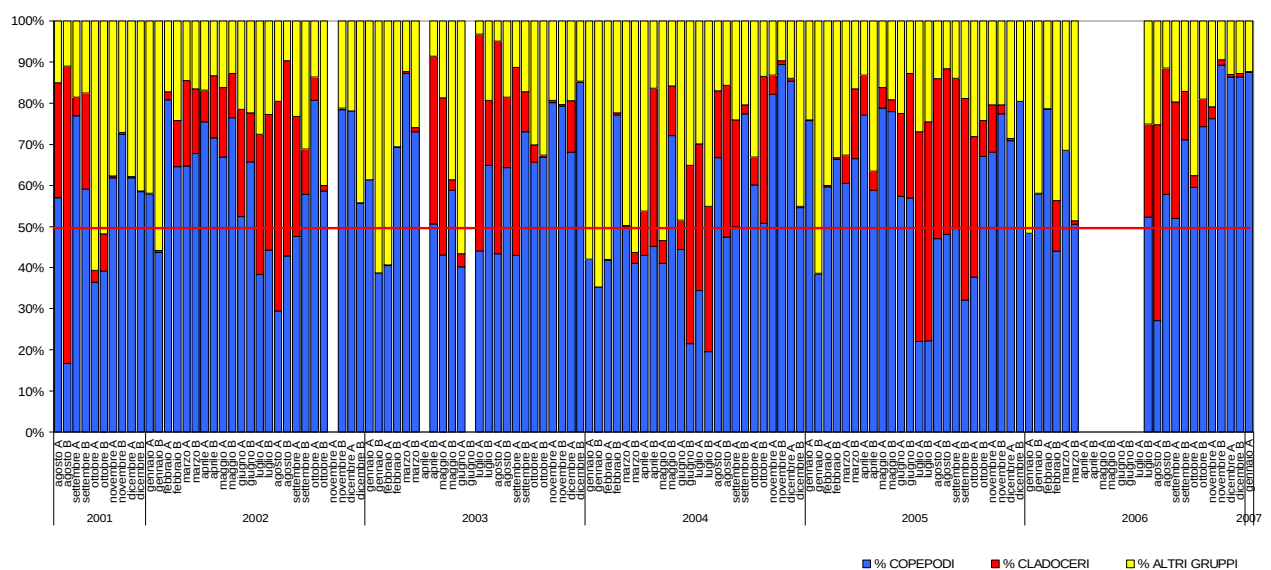


Figura 3.5. Andamento dei contributi percentuali medi dei principali gruppi zooplanctonici, calcolati a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007

L'andamento delle abbondanze (ind/m^3) dei principali gruppi zooplanctonici osservato nelle singole stazioni per l'intero periodo di monitoraggio evidenzia anche a livello locale una variabilità temporale, riscontrabile in tutti i gruppi (Figura 3.6).

I valori di densità per i Copepodi evidenziano a Rio Martino (LTD) un particolare incremento negli ultimi anni, con un picco di $16224,0 \text{ ind}/\text{m}^3$ registrato nella seconda metà di marzo del 2005; nello stesso periodo (prima metà di aprile 2005) anche a Monte d'Argento (LTE) si osserva un picco isolato di densità per i Copepodi ($18509,3 \text{ ind}/\text{m}^3$), sebbene in questa stazione, come per gli altri siti di campionamento, i valori si mantengano più regolari nel tempo. Nella stazione di Foce Marta (VTA) si registra il massimo valore di densità per i Copepodi a gennaio 2007 ($20362,3 \text{ ind}/\text{m}^3$).

Anche per il gruppo dei Cladoceri si osservano degli incrementi nei valori di densità nel 2005, in particolare nelle stazioni di Ladispoli (RMB) e Rio Martino (LTD) dove raggiungono il valore massimo assoluto di $9051,4 \text{ ind}/\text{m}^3$.

Gli "Altri gruppi" sono presenti con una distribuzione irregolare sia nel tempo sia nei diversi siti, con un valore massimo di densità registrato a Ladispoli (RMB) nella prima metà di ottobre 2006 ($7636,1 \text{ ind}/\text{m}^3$).

Le abbondanze medie totali dei principali gruppi zooplanctonici, calcolate negli anni interamente campionati (Figura 3.7), mostrano una tendenza ad aumentare nel tempo, con una leggera deflessione nel 2003 principalmente a carico del gruppo dei Cladoceri.

Nel 2005 si registra per tutti i gruppi il valore più elevato di densità medie totali zooplanctoniche, pari a $2625,3 \text{ ind}/\text{m}^3$, mentre il valore minimo si osserva nel 2003 ($860,2 \text{ ind}/\text{m}^3$).

Nelle singole stazioni le abbondanze medie totali dei principali gruppi, evidenziano una situazione molto simile rispetto all'andamento generale, in particolare per Foce Marta (VTA), Ladispoli (RMB), Rio Martino (LTD), Monte d'Argento (LTE), con un leggero decremento nel 2003 ed un massimo nel 2005. Nella stazione di Fiumicino (RMC) l'andamento delle densità mostra un lieve costante incremento, soprattutto a carico dei Cladoceri e degli "Altri gruppi" senza evidenziare il picco di abbondanza del 2005, i Copepodi non registrano particolari variazioni. Anche per la stazione di Zannone (LTF), i valori di densità per i diversi gruppi tendono a mantenersi costanti nel tempo (Figura 3.8).

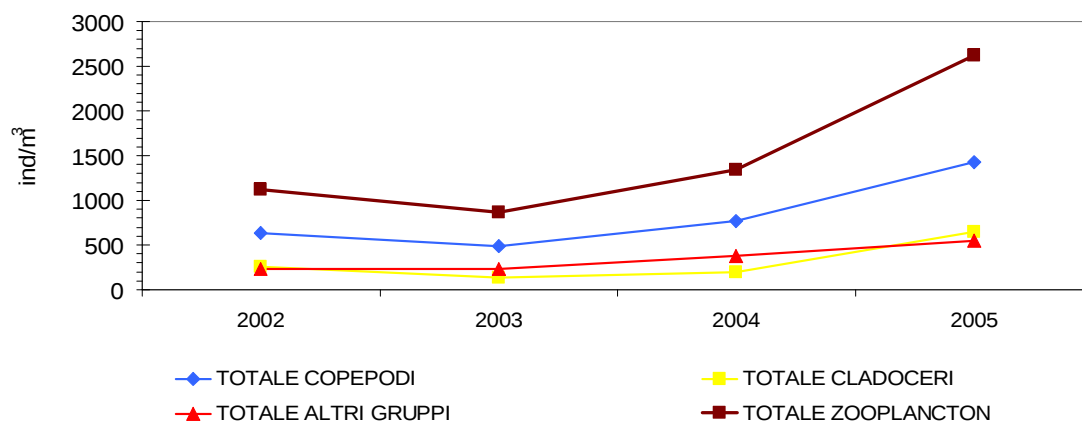


Figura 3.7. Andamento annuale delle abbondanze medie dei principali gruppi e del totale zooplancton calcolate a livello regionale da gennaio 2002 a dicembre 2005.

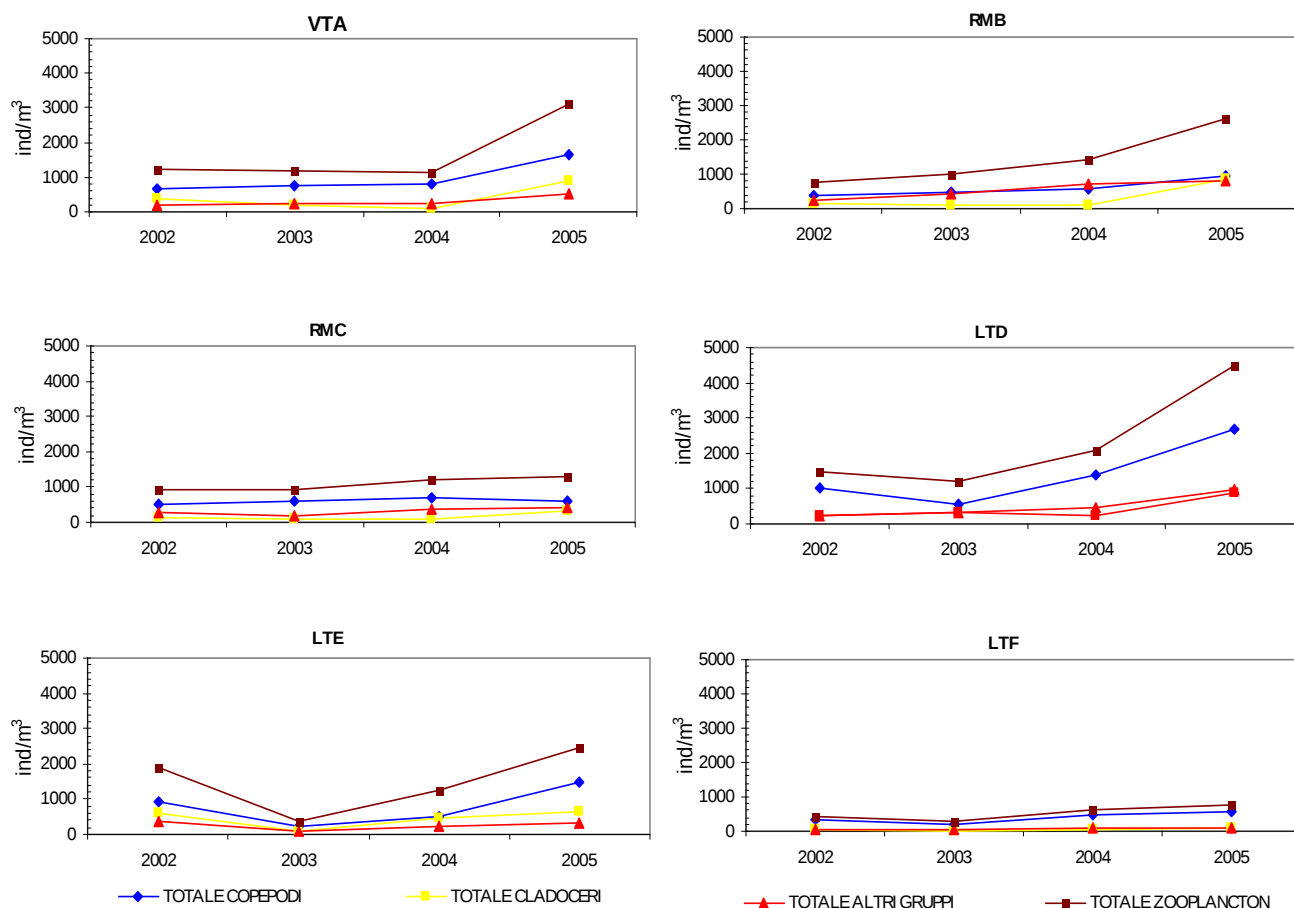


Figura 3.8 Andamento annuale delle abbondanze medie dei principali gruppi e del totale zooplancton nelle diverse stazioni (gennaio 2002 a dicembre 2005).

La distribuzione spaziale delle abbondanze medie del totale Copepodi evidenzia valori massimi alla stazione di Foce Rio Martino (LTD) con 1551,1 ind/m³, seguita da Foce Marta

(VTA) con 1131,6 ind/m³, mentre valori intermedi molto simili si registrano a Monte d'Argento (LTE), Ladispoli (RMB) e Fiumicino (RMC) con, rispettivamente 742,5 ind/m³, 625,7 ind/m³ e 621,0 ind/m³; il valore minimo si osserva a Zannone (LTF) con 347,9 ind/m³ anche se in questa stazione i Copepodi contribuiscono per il 74% all'intero popolamento. Il contributo percentuale più basso per i Copepodi all'intera comunità zooplanctonica si registra alla stazione di Ladispoli (RMB) con il 44,5% ed in tutte le altre stazioni rappresentano il gruppo dominante (D%>50%) (Figure 3.9 e 3.10).

I Cladoceri sono presenti con valori di abbondanze medie più alti (386,0 ind/m³) a Monte d'Argento (LTE) dove contribuiscono, inoltre, con il valore più elevato in termini percentuali (28%) all'intera comunità zooplanctonica, rispetto alle altre stazioni. Fiumicino (RMC) è la stazione costiera con il minimo valore delle abbondanze medie di Cladoceri con 127,5 ind/m³, mentre in assoluto il valore più basso si registra a Zannone (LTF) con 55,9 ind/m³ (Figure 3.9 e 3.10).

Gli "Altri gruppi", costituiti dal meroplancton e da diversi *taxa* oloplanctonici, presentano valori totali delle abbondanze medie più elevati a Ladispoli (RMB) con 552,7 ind/m³, contribuendo quasi al 40% dell'intero popolamento zooplanctonico; il valore più basso nelle stazioni costiere è rilevabile a Monte d'Argento (LTE) con 261,8 ind/m³; a Zannone si registra il valore minimo osservato su tutte le stazioni con 67,1 ind/m³ (Figure 3.9 e 3.10).

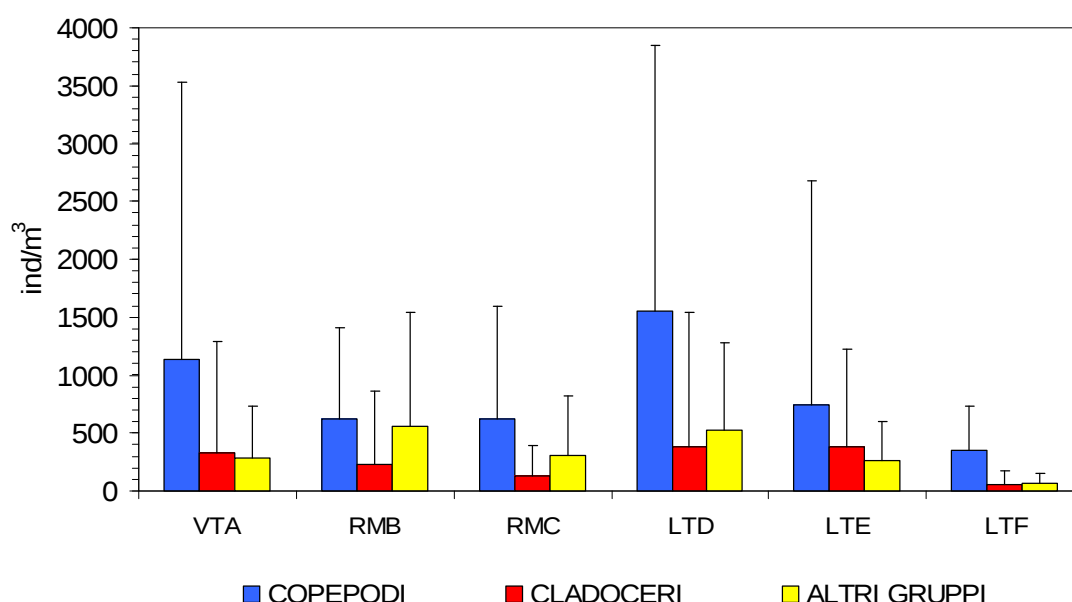


Figura 3.9. Abbondanze medie dei principali gruppi zooplanctonici nelle 6 stazioni campionate dal 2001 al 2007. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

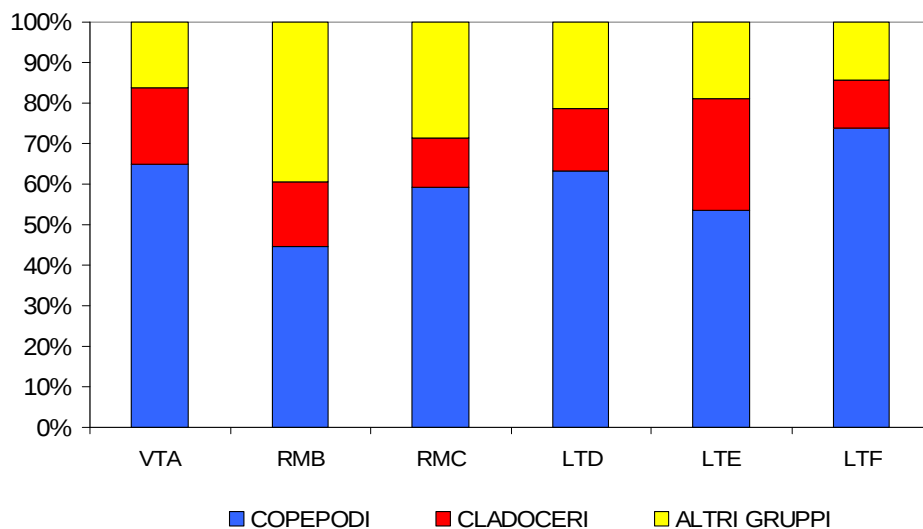


Figura 3.10. Contributi percentuali medi dei principali gruppi zooplanctonici nelle 6 stazioni campionate dal 2001 al 2007.

Analizzando i contributi percentuali medi dei diversi *taxa* zooplanctonici appartenenti agli “Altri gruppi” (Figura 3.11) campionati negli anni 2002-2007, si osserva la dominanza in tutte le stazioni delle Appendicolarie, che raggiungono circa l’85% sul totale “Altri gruppi” nella stazione di Monte d’Argento (LTE); i Chetognati forniscono il contributo maggiore nella stazione di Zannone (LTF), dove rappresentano il 21% del totale “Altri gruppi”, mentre le Idromeduse (25%) a Foce Marta (VTA).

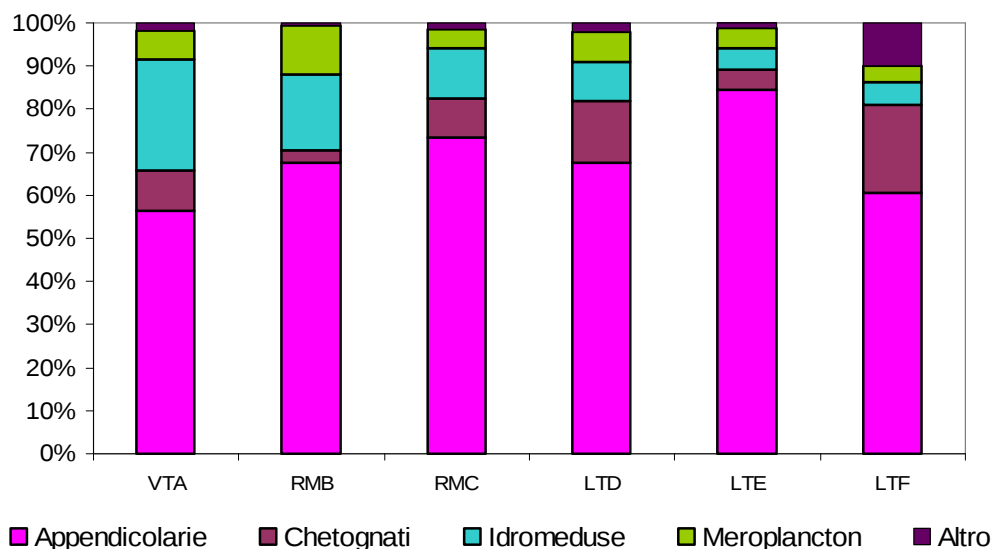


Figura 3.11. Contributi percentuali medi dei principali *taxa* zooplanctonici appartenenti agli “Altri gruppi” nelle 6 stazioni campionate dal 2002 al 2007.

Le abbondanze medie del popolamento meroplanctonico totale (2002-2007) (Figura 3.12) mostrano valori più elevati nella stazione costiera di Ladispoli (RMB) con 2008,7 ind/m³ mentre, sempre lungo la costa, la stazione con valori più bassi è Monte d'Argento (LTE) con 626,8 ind/m³.

I valori più bassi in assoluto si registrano nella stazione di controllo dell'isola di Zannone (LTF), con 67,3 ind/m³.

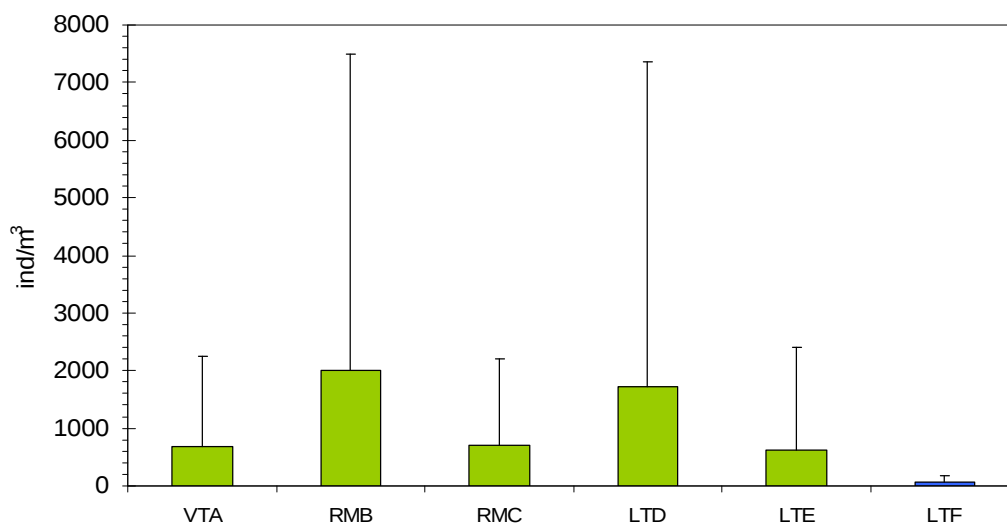


Figura 3.12. Abbondanze medie del popolamento meroplanctonico totale nelle 6 stazioni campionate dal 2001 al 2007. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

I contributi percentuali medi dei gruppi meroplanctonici (Figura 3.13) più rappresentativi registrati nelle 6 stazioni dimostrano una predominanza delle larve di Lamellibranchi, che nella stazione di Rio Martino (LTD) rappresentano l'80% (262,6 ind/m³) del popolamento totale meroplanctonico, seguite dalle larve di Cirripedi, presenti nella stazione di Ladispoli (RMB) con il 58% (271,0 ind/m³) sul totale.

La stazione di Zannone non evidenzia la predominanza di un particolare gruppo meroplanctonico, le larve di Echinodermi, comunque, costituiscono il *taxa* più rappresentato con il 28% (6,3 ind/m³) del popolamento totale.

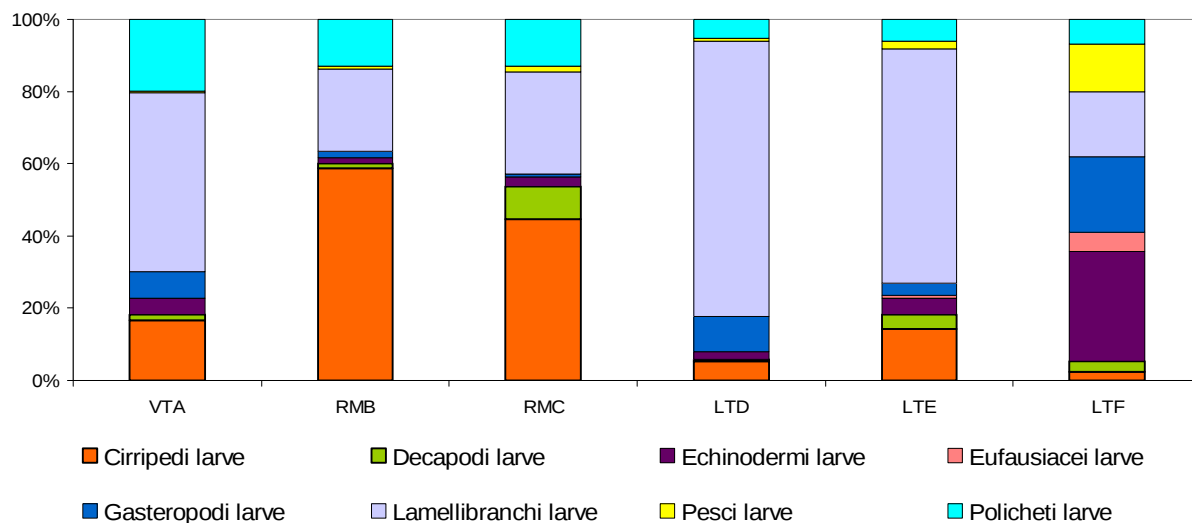


Figura 3.13. Contributi percentuali medi del popolamento meroplanctonico nelle 6 stazioni campionate dal 2002 al 2007.

Il ciclo stagionale medio del popolamento zooplanctonico totale, calcolato a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007, evidenzia due incrementi annuali; il primo nel mese di aprile, più accentuato e caratterizzato dal valore massimo di densità (1992,0 ind/m³), l'altro più ampio con valori più elevati nel mese di agosto (1912,0 ind/m³) (Figura 3.14).

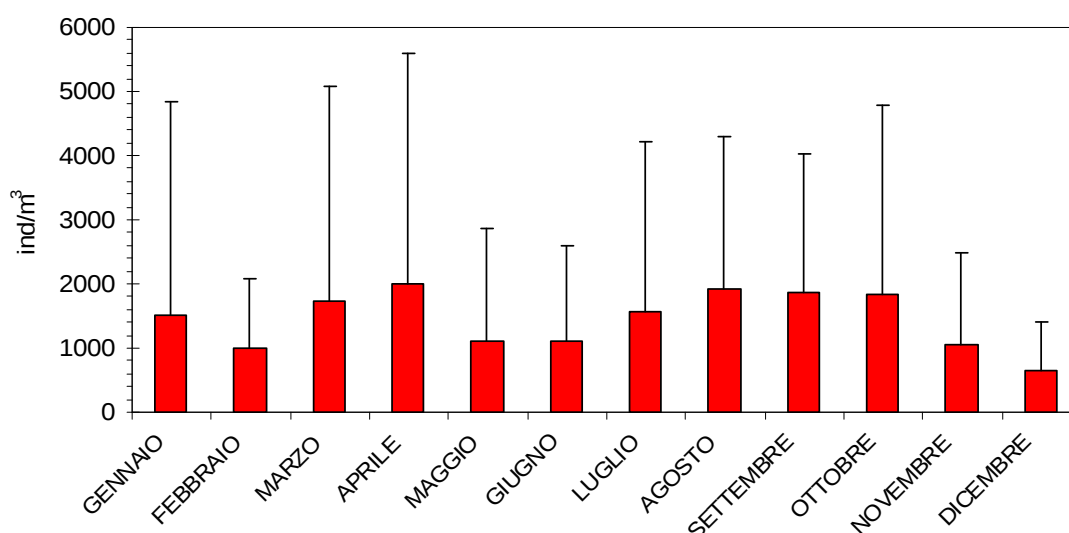


Figura 3.14. Ciclo stagionale medio del totale zooplancton calcolato a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

Analizzando il ciclo stagionale medio dei singoli gruppi si osserva per il popolamento a Copepodi un andamento corrispondente a quello del totale zooplancton; anche i Cladoceri mostrano due picchi nello stesso periodo e nel secondo, ad agosto, si registrano i valori più elevati (747,1 ind/m³). Meno accentuate risultano le variazioni stagionale degli “Altri gruppi” (Figura 3.15).

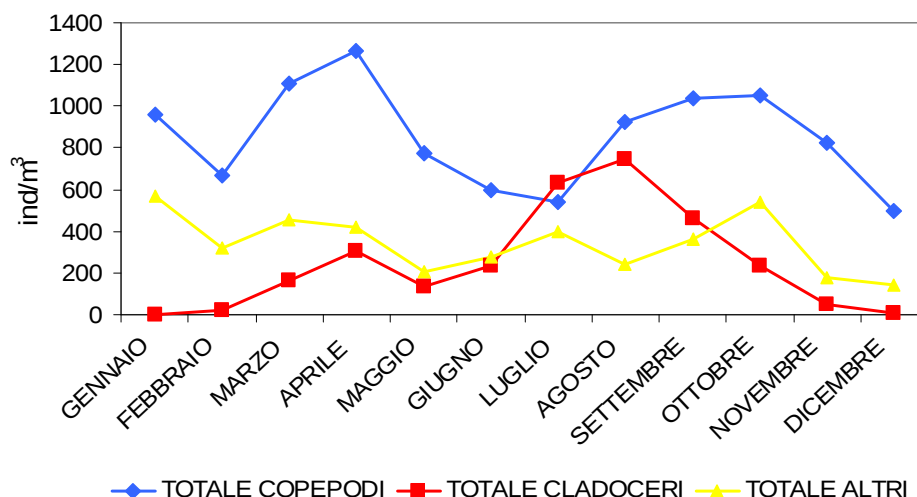


Figura 3.15. Ciclo stagionale medio dei principali gruppi zooplanctonici calcolato a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007.

I cicli stagionali medi del totale zooplancton analizzati nelle singole stazioni per gli anni interamente campionati (Figura 3.16) evidenziando una certa variabilità annuale sia nel periodo di manifestazione degli incrementi, sia nelle abbondanze.

Per Foce Marta (VTA) si osserva un solo picco delle abbondanze nel 2002 (agosto), due picchi nel 2003 (marzo e settembre) un picco a maggio nel 2004 e tre picchi nel 2005 (marzo, luglio-agosto e ottobre). A Ladispoli (RMB) non si osservano nel 2002 particolari incrementi, le densità aumentano leggermente a marzo, a giugno e a settembre; nel 2003 il picco di abbondanza si osserva a gennaio, mentre gli altri mesi i valori si mantengono più o meno costanti con lievi aumenti a giugno e a settembre; nel 2004 si osservano tre picchi, uno più elevato ad aprile, e gli altri due di intensità simile a settembre e novembre; nel 2005 gli incrementi sono più ampi e riguardano il primo i mesi di aprile maggio ed il secondo settembre, ottobre e novembre. Fiumicino (RMC) presenta una stagionalità molto variabile negli anni, con picchi a maggio, luglio e settembre nel 2002, a gennaio e ad agosto-settembre nel 2003, a febbraio, settembre e novembre nel 2004, ad aprile, luglio e novembre nel 2005. Rio Martino (LTD) evidenzia nel 2002 un ampio incremento dei valori

da maggio a settembre, nel 2003 due picchi di bassa intensità ad aprile e giugno e un terzo più elevato ad agosto; nel 2004 un picco ad aprile, un secondo ad agosto e un terzo a ottobre; nel 2005 un picco elevato a marzo e due di minore e simile intensità a luglio e settembre. A Monte d'Argento (LTE) in quasi tutti gli anni, tranne il 2005, sono evidenti due picchi: nel 2002 ad aprile e agosto, nel 2003 a maggio e novembre, nel 2004 ad aprile e ottobre, nel 2005 ad aprile, agosto ed ottobre. Zannone presenta nel 2002 leggeri incrementi a maggio-giugno e settembre, nel 2003 a marzo e dicembre, nel 2004 e nel 2005 a marzo e ottobre.

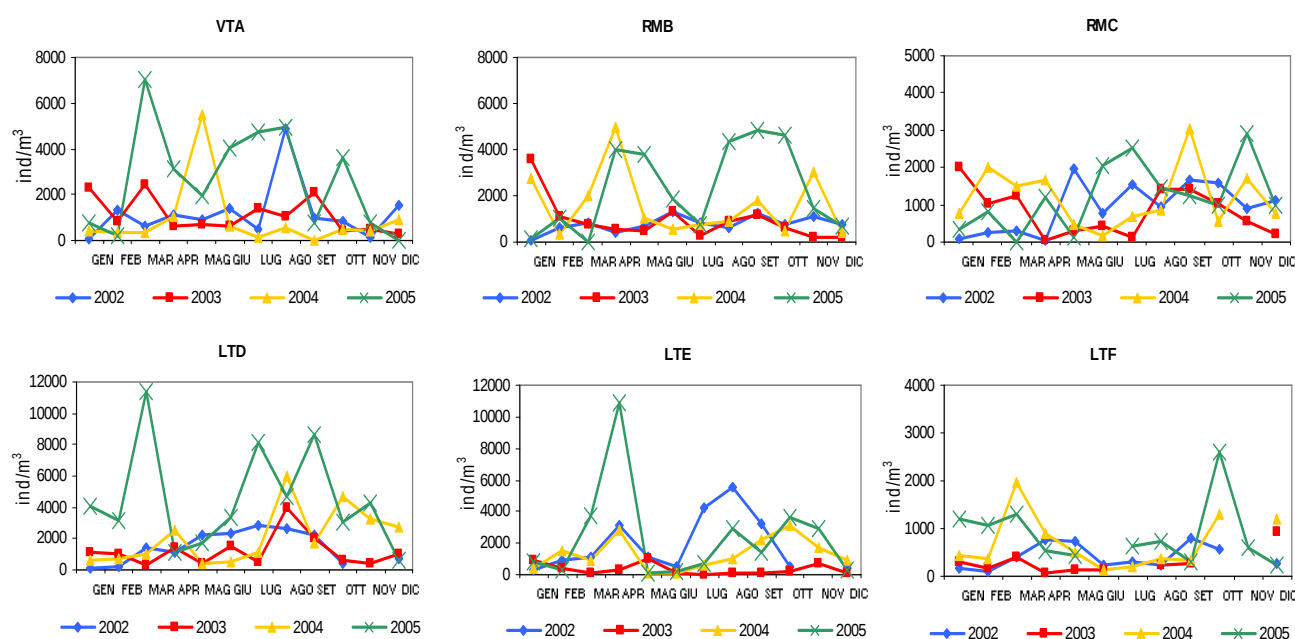


Figura 3.16. Ciclo stagionale medio dello zooplancton totale calcolato per gli anni interamente campionati nelle singole stazioni.

I cicli annuali del totale zooplancton riportati per le singole stazioni (Figura 3.17A) rilevano una chiara stagionalità con incrementi primaverili e tardo estivi-autunnali a Ladispoli (RMB), Fiumicino (RMC), Rio Martino (LTD) e Monte d'Argento (LTE), anche se caratterizzati da valori quantitativi diversi. A differenza delle altre stazioni, i cicli che si osservano a Foce Marta (VTA) e Zannone (LTF) presentano picchi anche nel mese di gennaio, a carico principalmente del gruppo di Copepodi (Figura 3.17B).

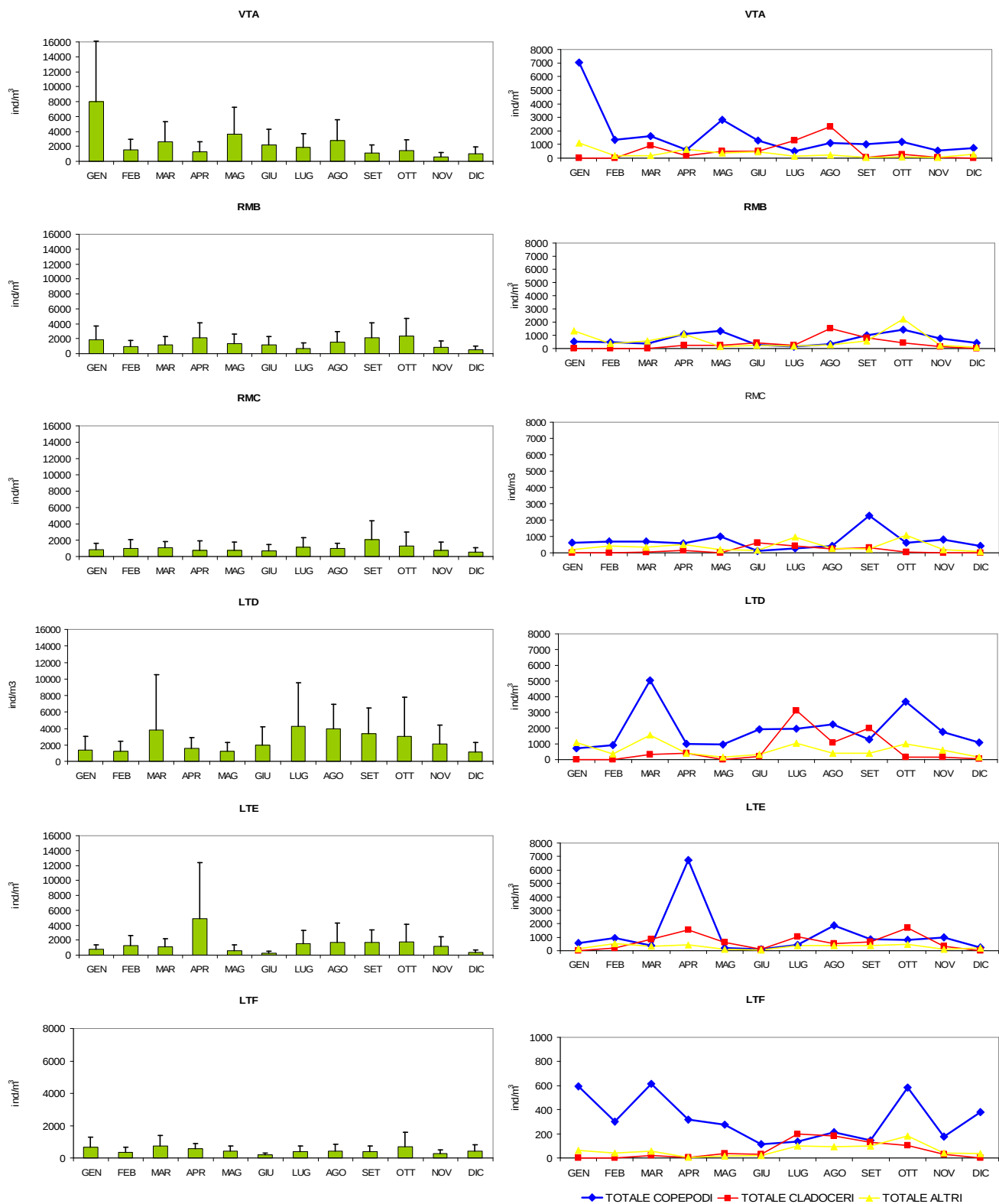


Figura 3.17. Cicli stagionali medi del totale zooplancton (A) e dei principali gruppi (B) calcolati da agosto 2001 a gennaio 2007 nelle singole stazioni. Una diversa scala di valori di densità è stata utilizzata per evidenziare gli andamenti nella stazione di Zannone. Le barre rappresentano l'ampiezza della deviazione standard.

Nella maggior parte delle stazioni l'incremento primaverile risulta principalmente a carico dei Copepodi, tranne a Ladispoli (RMB), in cui il contributo percentuale dei Copepodi e degli "Altri gruppi" è suddiviso al 50% circa; al secondo picco concorrono anche i Cladoceri, in particolare nella stazioni di Foce Marta (VTA), dove nei mesi di luglio e agosto contribuiscono per il 46% del popolamento, Rio Martino (LTD) e Zannone (LTF). A Ladispoli (RMB) e Fiumicino (RMC) al secondo picco contribuiscono gli "Altri gruppi" rispettivamente per il 54% e 45% sul popolamento zooplanctonico totale (Figure 3.17B e 3.18).

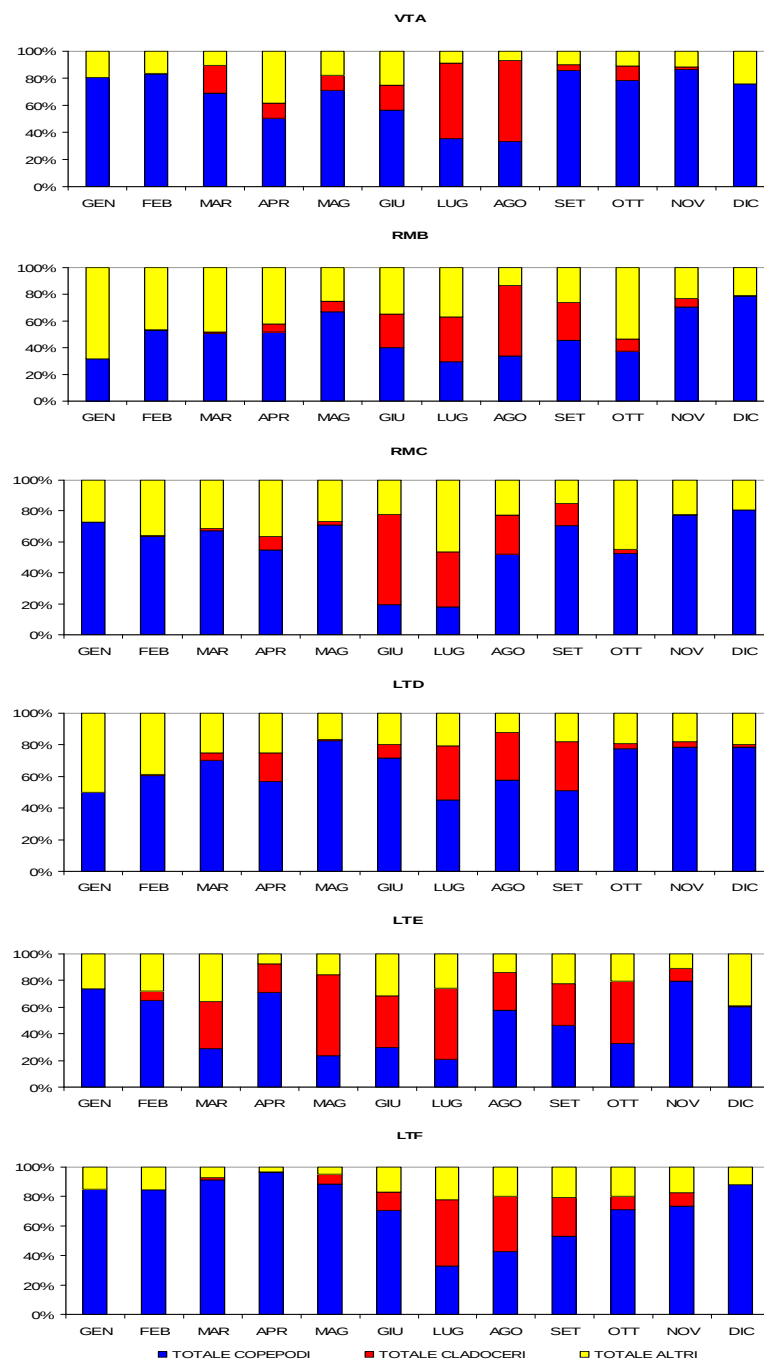


Figura 3.18. Andamento stagionale dei contributi percentuali medi dei principali gruppi zooplanctonici nelle 6 stazioni campionate dal 2001 al 2007.

Analizzando in particolare il ciclo stagionale medio dei principali *taxa* zooplanctonici appartenenti agli “Altri gruppi”, si osservano densità più elevate per Appendicolarie rispetto agli altri *taxa*, in tutti i mesi dell’anno e con massimi stagionali in autunno (Figura 3.19).

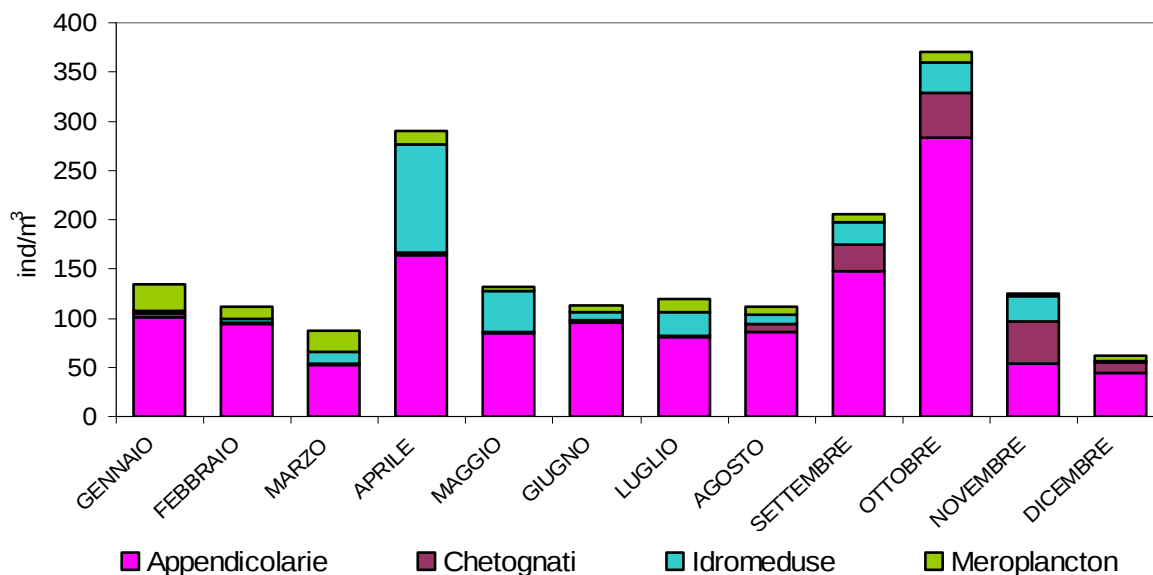


Figura 3.19. Ciclo stagionale medio dei principali popolamenti zooplanctonici appartenenti agli “Altri gruppi” calcolato a livello regionale dal 2002 al 2007.

3.1.3. Composizione tassonomica

Nei campioni raccolti da giugno 2002 a gennaio 2007 l’analisi tassonomica del popolamento mesozooplanctonico è stata effettuata quanto più possibile a livello di specie per gli adulti dei Copepodi e Cladoceri, gli “Altri gruppi”, costituiti da organismi oloplanctonici e meroplanctonici, sono stati determinati a livelli tassonomici diversi.

I Copepodi adulti sono rappresentati da 82 specie, 3 generi (*Farranula* spp, *Microsetella* spp e *Sapphirina* spp) e individui indeterminati appartenenti agli ordini Calanoidi, Ciclopoidi, Poecilostomatoidi, Arpacticoidi e Monstrilloidi. Le forme giovanili dei Copepodi (copepoditi di tutti gli stadi) sono state identificate a livello di genere o famiglia.

I Cladoceri sono rappresentati dai tre generi: *Evadne*, con due specie, *E. spinifera* ed *E. tergestina*; *Podon* con una sola specie, *P. polyphemoides* e *Penilia*, con l’unica specie del genere *P. avirostris*. Sono stati, inoltre, ritrovati individui appartenenti a Cladoceri di acqua dolce, Daphnidae e Bosminidae.

In Tabella 3.1 è riportata la lista dei taxa totali identificati nelle 6 stazioni campionate da giugno 2002 a gennaio 2007, mentre in appendice al lavoro è allegata una scheda con tutte le specie ritrovate, accompagnate da una nota sulla loro distribuzione ed ecologia.

COPEPODI			CLADOCERI	ALTRI GRUPPI
Calanoidi	Ciclopoidi	Poecilostomatoidi		
Acartiidae copepoditi indet	Euchaetidae copepoditi indet	Ciclopoidi indet	Bosminidae indet	Anfipodi indet
Acartia clausi	Euchaeta marina	Cyclopina copepoditi indet	Daphnidae indet	Anisopodi indet
Acartia danae	Haloptilus longicornis	Cyclopina gracilis	Evadne spinifera	Antozoi larve indet
Acartia discaudata var. medit.	Heterorhabdus copepoditi indet	Cyclopina litoralis	Evadne tergestina	Appendicularie indet
Acartia longiremis	Heterorhabdus papilliger	Oithona copepoditi indet	Penilia avirostris	Briozoi larve indet
Acartia margalefi	Isias copepoditi indet	Oithona atlantica	Podon polyphemoides	Chetognati indet
Acartia negligens	Isias clavipes	Oithona decipiens		Cirripedi larve indet
Acantahacartia italica	Labidocera copepoditi indet	Oithona fallax		Cypris larve indet
Calanidae copepoditi indet	Labidocera wollastoni	Oithona longispina		Cnidaria indet
Calanoidi indet	Labidocera brunescens	Oithona nana		Ctenofori indet
Calanus copepoditi indet	Lucicutia copepoditi indet	Oithona plumifera		Cumacei indet
Calanus helgolandicus	Lucicutia clausi	Oithona setigera		Decapodi larve indet
Calocalanus copepoditi indet	Mecynocera copepoditi indet	Oithona similis		Dolioli indet
Calocalanus contractus	Mecynocera clausi	Oithona tenuis	Farranula copepoditi indet	Echinodermi larve indet
Calocalanus elongatus	Mesocalanus copepoditi indet	Oithona vivida	Farranula spp	Enteropneusti larve indet
Calocalanus neptunus	Mesocalanus tenuicornis	Oithona spp	Lubbockia copepoditi indet	Eufausiacei larve indet
Calocalanus pavo	Microcalanus spp		Oncaea copepoditi indet	Gasteropodi larve indet
Calocalanus pavoninus	Nannocalanus copepoditi indet		Oncaea conifera	Idromeduse indet
Calocalanus styliremis	Nannocalanus minor		Oncaea curta	Isopodi indet
Calocalanus spp	Neocalanus copepoditi indet		Oncaea media	Lamellibranchi larve indet
Candaciidae copepoditi indet	Paracalanus copepoditi indet		Oncaea mediterranea	Lofoforati foronidei larve indet
Centropages copepoditi indet	Paracalanus denudatus		Oncaea scottodicarloi	Misidacei larve indet
Centropages kroyeri	Paracalanus nanus		Oncaea similis	Nematodi indet
Centropages ponticus	Paracalanus parvus		Oncaea subtilis	Nemertini larve indet
Centropages typicus	Paracartia grani		Oncaea venusta	Ostracodi indet
Centropages violaceus	Paracartia latisetosa		Oncaea spp	Phoronidae larve indet
Clausocalanus copepoditi indet	Paracandacia simplex	Poecilostomatoidi indet		Pesci larve e uova indet
Clausocalanus arcuicornis	Pleuromamma copepoditi indet	Sapphirina copepoditi indet		Pilidium larve indet
Clausocalanus furcatus	Pontella copepoditi indet	Sapphirina spp		Policheti larve indet
Clausocalanus jobei	Pontellina copepoditi indet			Pteropodi indet
Clausocalanus lividus	Pontellina plumata		Arpacticoidi	Salpidae indet
Clausocalanus mastigophorus	Pontellidae copepoditi indet		Arpacticoidi indet	Sifonofori indet
Clausocalanus parapergens	Pteriacartia josephinae		Clytemnestra copepoditi indet	Tomopteridae indet
Clausocalanus paululus	Scolecithricidae copepoditi indet		Clytemnestra rostrata	Tunicati larve indet
Clausocalanus pergens	Temora copepoditi indet		Euterpina acutifrons	Turbellaria larve indet
Ctenocalanus copepoditi indet	Temora stylifera		Microsetella norvegica	
Ctenocalanus vanus	Nauplii di copepodi		Microsetella rosea	
Eucalanus copepoditi indet				
Eucalanus elongatus			Monstrilloidi	
			Monstrilloidi indet	

Tabella 3.1. Lista dei taxa determinati nelle 6 stazioni campionate da giugno 2001 a gennaio 2007.

3.1.4. Abbondanze e dinamiche delle specie più rappresentative

Copepodi

Poche specie di Copepodi sono quantitativamente responsabili di larga parte del popolamento: le abbondanze medie totali di *Paracalanus parvus* (79,5 ind/m³), *Oithona nana* (51,6 ind/m³), *Centropages ponticus* (33,8 ind/m³), *Acartia clausi* (33,5 ind/m³), *Euterpina acutifrons* (26,6 ind/m³), *Acartia discaudata* var. *mediterranea* (16,2 ind/m³) e *Oithona similis* (5,1 ind/m³), costituiscono il 90% del totale adulti.

Le due specie neritiche *Isias clavipes* e *Temora stylifera* sono presenti quasi esclusivamente con gli stadi giovanili.

I giovanili di Copepodi costituiscono una componente importante della comunità mesozooplanctonica; il loro contributo percentuale medio rappresenta il 63% dell'intero popolamento a Copepodi; i *taxa* maggiormente rappresentati sono *Paracalanus* (35,8%) e Acartidae (24,3%), che insieme a *Centropages* (11,4 %), *Clausocalanus* (7,9%), *Temora* (7,2%), *Oithona* (6,3%) e *Isias* (3,7%) contribuiscono per oltre il 95% dell'intero popolamento giovanile dei Copepodi.

La distribuzione spaziale delle specie sopramenzionate evidenzia una presenza più elevata di *P. parvus* nella stazione di Foce Marta (VTA), con 189,8 ind/m³, mentre è presente con valori minimi a Zannone (LTF) (21,9 ind/m³); per *Oithona nana* il valore medio più elevato si registra a Rio Martino (LTD), con 103,7 ind/m³ ed è presente con densità minime a Zannone (LTF) (3,7 ind/m³); lo stesso si osserva per *Centropages ponticus* che registra il valore medio più elevato a Rio Martino (LTD) con valori medi di 95,8 ind/m³ ed è scarsamente presente a Zannone (LTF) (1,0 ind/m³); *Acartia clausi* mostra valori più o meno simili nelle stazioni di Ladispoli (RMB) (48,4 ind/m³), Rio Martino (LTD) (41,1 ind/m³) e Monte d'Argento (LTE) (48,2 ind/m³), mentre è rinvenuta con modeste densità a Zannone (LTF) (0,4 ind/m³); i valori medi più elevati per *Euterpina acutifrons* si registrano a Rio Martino (LTD) (57,0 ind/m³), i più bassi a Zannone (LTF) (8,4 ind/m³); *Acartia discaudata* var. *mediterranea* è più abbondante nella stazione di Ladispoli (RMB) (36,0 ind/m³) e quasi assente a Zannone (LTF) (0,1 ind/m³); *Oithona similis* è presente con valori più elevati a Foce Marta (VTA), (18,3 ind/m³) e scarsamente presente a Monte d'Argento (LTE) (0,8 ind/m³) (Figura 3.20).

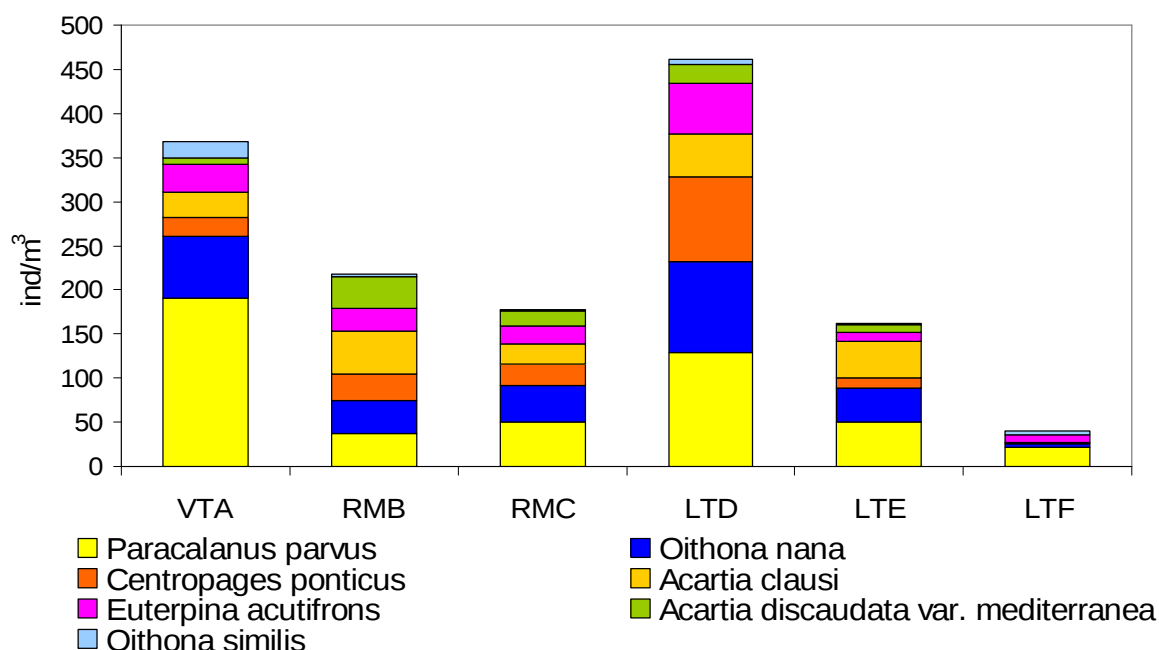


Figura 3.20. Densità medie delle specie di Copepodi più abbondanti nelle 6 stazioni campionate dal 2002 al 2007.

L'andamento delle abbondanze medie calcolate a livello regionale per le specie più rappresentative, evidenzia un incremento dei valori nel 2005 per *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus* e *Oithona nana*; *Paracalanus parvus* mantiene valori elevati anche nella seconda metà del 2006 (Figura 3.21A).

Gli andamenti delle singole specie, espressi come $[\text{LOG}(\text{ind}/\text{m}^3 + 1)]$ per ridurre la variabilità delle differenze quantitative annuali (Figura 3.21B), evidenziano una ciclicità stagionale con *pattern* ricorrenti e ben definiti soprattutto per *Centropages ponticus* e *Oithona similis*; le altre specie mostrano un alternanza di massimi e minimi non sempre riconducibili alla stagionalità.

Il confronto fra i cicli stagionali medi delle stesse specie (Figura 3.22) evidenzia un sovrapposizione degli andamenti per *Acartia clausi* e *Acartia discaudata* var. *mediterranea*, anche se quantitativamente differenti, con un massimo nel mese di aprile e minimi a luglio; *Paracalanus parvus* ha il suo picco di abbondanza a giugno, seguito da un decremento estivo e un nuovo aumento di valori ad ottobre; i valori medi più elevati per *Centropages ponticus* si osservano invece ad agosto, mentre per *Oithona nana* è evidente un picco nel mese di novembre. *Euterpina acutifrons* evidenzia due incrementi, uno a marzo, l'altro leggermente più accentuato a novembre.

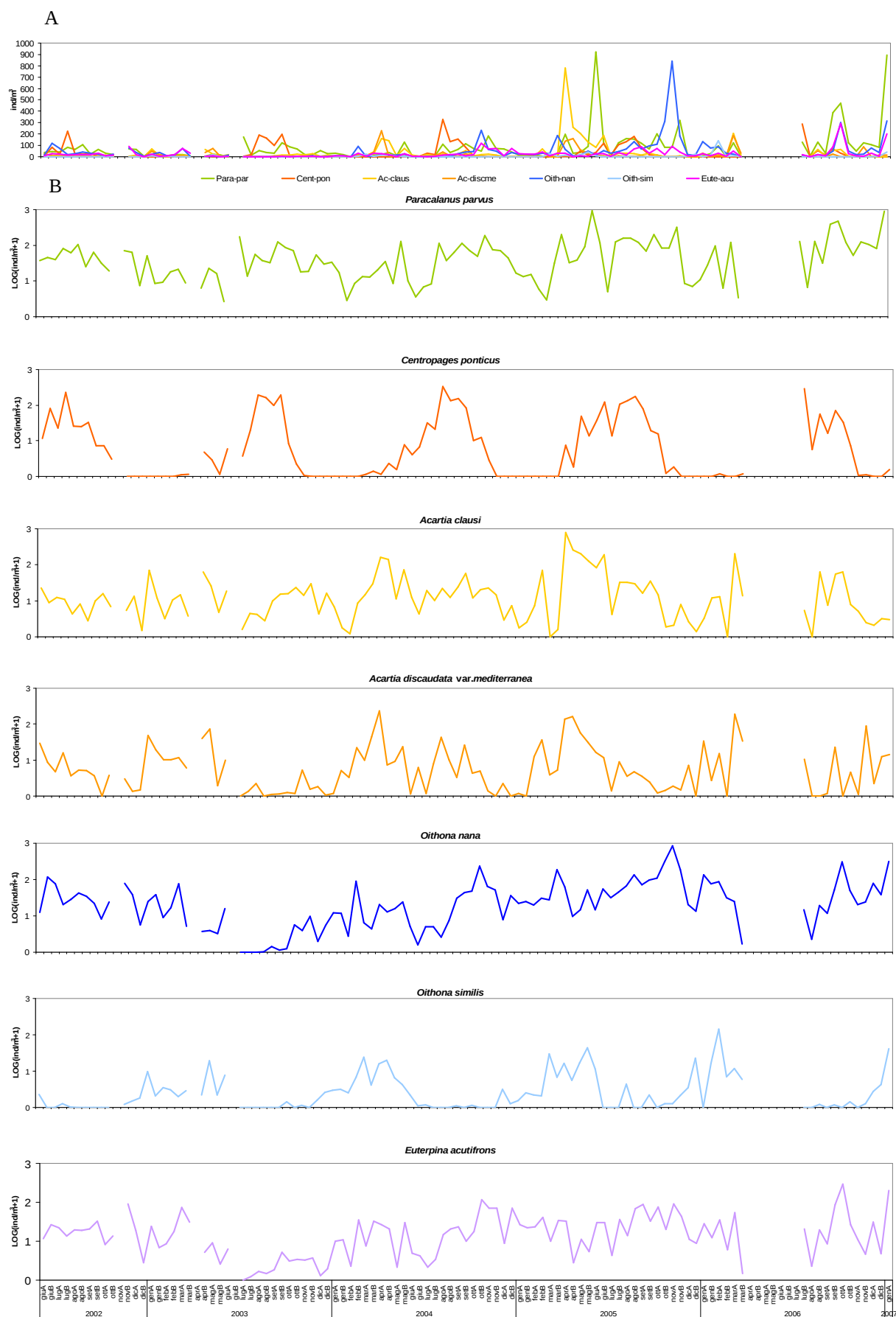


Figura 3.21. Andamenti medi regionali, calcolati da giugno 2002 a gennaio 2007 per le principali specie di Copepodi, espressi come valori di densità (ind/m³) grezzi (A) e Log-trasformati (B).

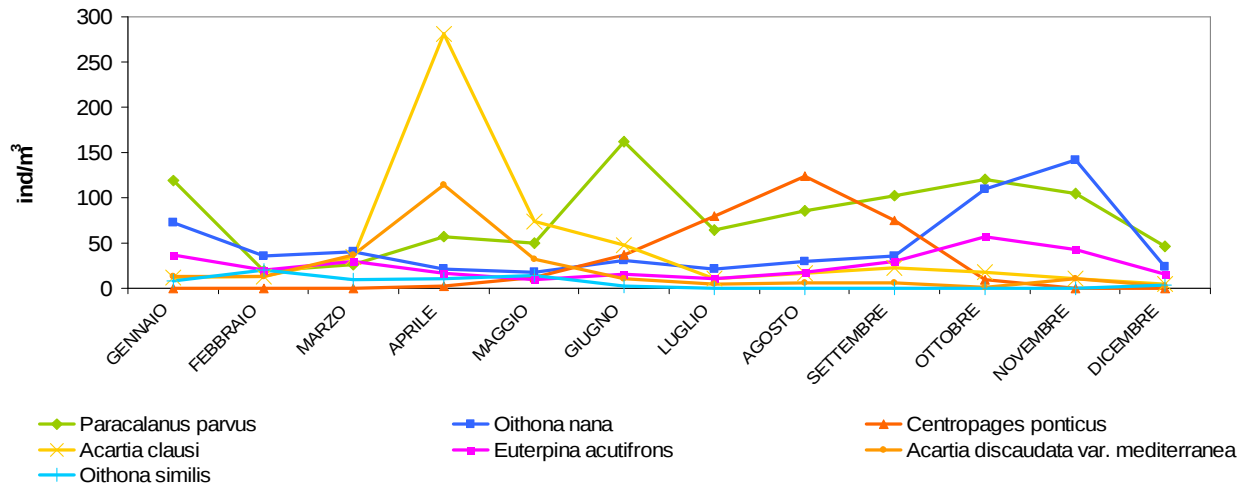


Figura 3.22. Cicli stagionali medi delle principali specie di Copepodi, calcolati a livello regionale da giugno 2002 a gennaio 2007.

L'andamento delle densità medie regionali degli stadi giovanili di Copepodi più abbondanti, evidenzia un incremento dei valori nel 2005 per i copepoditi di Acartidae, mentre i giovani di *Paracalanus* mostrano un lieve aumento nella seconda metà del 2006 (Figura 3.23A).

Gli andamenti degli stadi giovanili più abbondanti, espressi come $[\text{LOG}(\text{ind}/\text{m}^3 + 1)]$ (Figura 3.23B), evidenziano per i giovani di *Clausocalanus* una discreta variabilità interannuale, con un incremento dei valori a partire dal 2003; negli anni a seguire i giovani di *Clausocalanus* mostrano una chiara ciclicità stagionale con pattern ricorrenti. Chiari cicli stagionali si manifestano anche nei giovani di *Centropages* e di *Temora*, mentre le altre specie mostrano un'alternanza di massimi e minimi non sempre riconducibili alla stagionalità. Il pattern mostrato dai copepoditi di *Centropages* e *Temora* oltre ad essere ben definito, rileva un chiaro sfasamento dei cicli, con l'incremento dei valori dei secondi in corrispondenza della diminuzione di quelli dei primi.

Non altrettanto chiaro appare l'andamento degli adulti di *Centropages*, rappresentati principalmente da *C. ponticus* e, in misura minore da *C. typicus* e di *Temora*, con l'unica specie ritrovata, *T. stylifera* (Figura 3.24). Le specie sono infatti caratterizzate da una forte differenza in termini quantitativi, con una presenza massiva di *C. ponticus* rispetto alla congenerica *C. typicus* e, sebbene i dati siano stati log-trasformati, si avverte solo una tendenza per *C. typicus* a manifestarsi ad inizio stagione estiva, in anticipo rispetto al massimo sviluppo di *C. ponticus*; al contrario, *T. stylifera* sembra più portata a svilupparsi nella fase decrescente di *C. ponticus*.

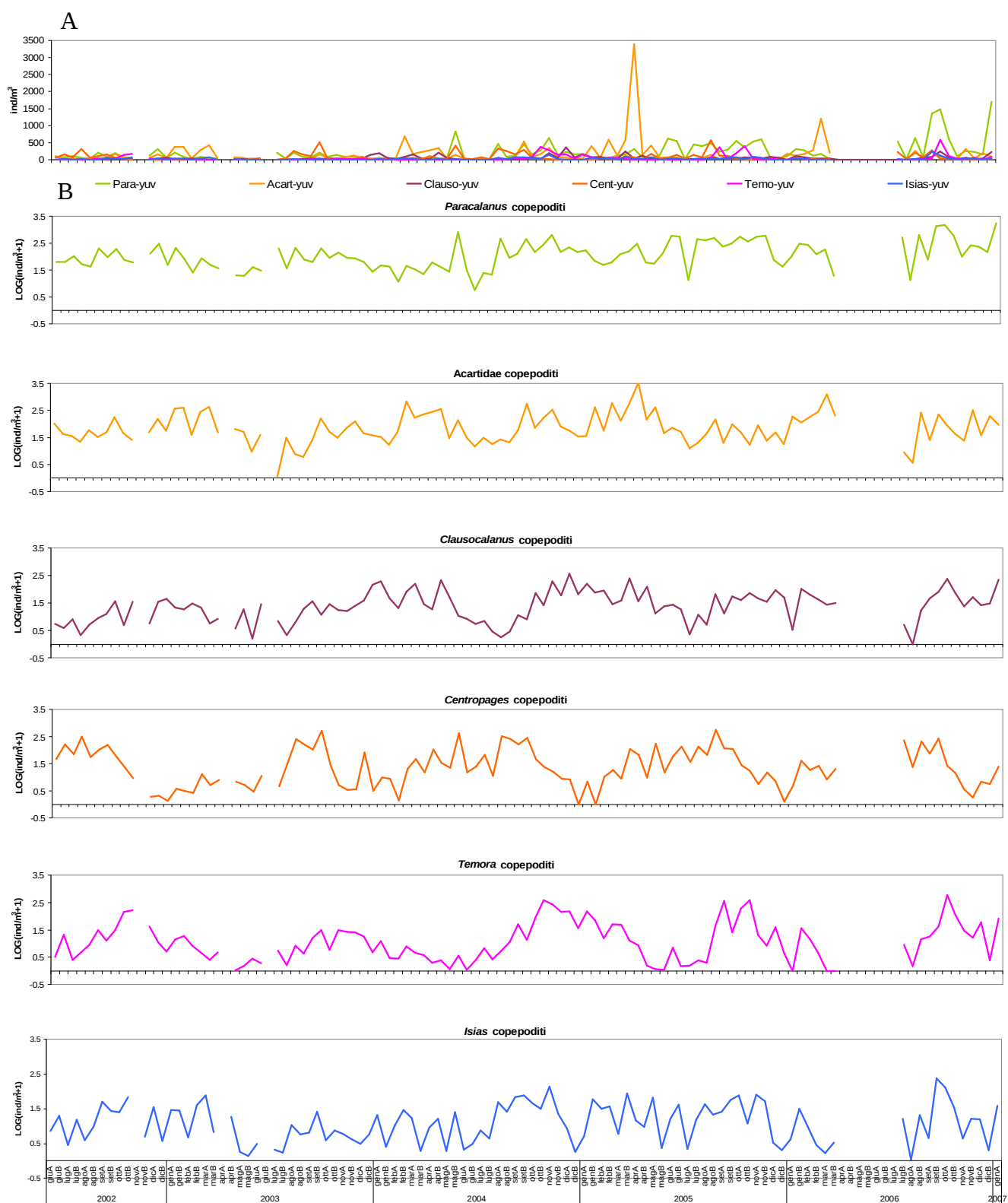


Figura 3.23. Andamenti medi regionali, calcolati da giugno 2002 a gennaio 2007 per gli stadi giovanili di Copepodi più abbondanti, espressi come valori di densità (ind/m³) grezzi (A) e Log-trasformati (B).

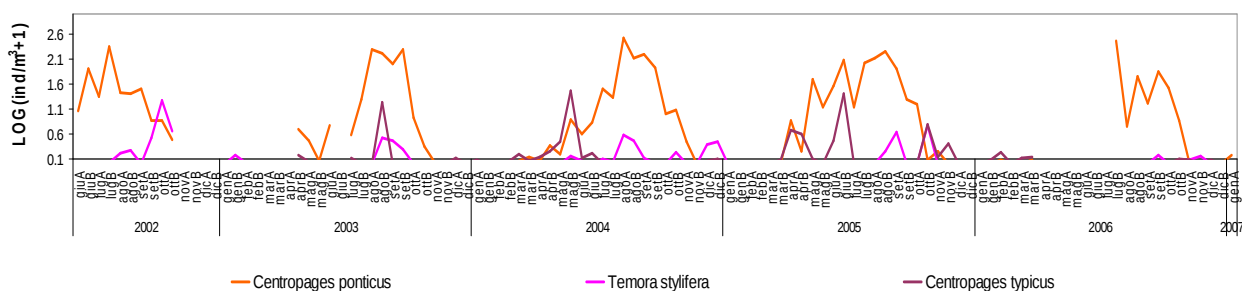


Figura 3.24. Andamenti medi regionali, calcolati da giugno 2002 a gennaio 2007 per le specie *Centropages ponticus*, *C. typicus* e *Temora stylifera*. I dati di densità (ind/m³) sono stati Log-trasformati.

Cladoceri

La specie mediamente più abbondante è *Podon polyphemoides* che da sola rappresenta il 47% dell'intero popolamento a Cladoceri valutato su scala regionale, seguita da *Penilia avirostris* (24%), *Evadne tergestina* (19%) ed *Evadne spinifera* (10%)

La distribuzione spaziale delle specie campionate evidenzia per *E. spinifera* una limitata presenza nelle stazioni di Ladispoli (RMB) e Fiumicino (RMC), in cui i valori medi di abbondanza sono rispettivamente di 3,7 ind/m³ e 2,2 ind/m³; il valore medio più elevato si registra a Foce Marta (VTA) con 62,1 ind/m³.

E. tergestina è più abbondante a Rio Martino (LTD), con valori medi di 158,2 ind/m³ e presente con densità minime a Zannone (LTF) (6,6 ind/m³).

P. avirostris risulta particolarmente abbondante a Foce Marta (VTA), dove con il valore di abbondanza medio di 215,0 ind/m³ rappresenta oltre il 53% del popolamento a Cladoceri, mentre è presente con valori minimi a Zannone (LTF) (14,7 ind/m³).

Infine, *P. polyphemoides* risulta la specie dominante a Monte d'Argento (LTE), con un contributo medio del 63% all'intero popolamento e densità medie pari a 269,8 ind/m³; al contrario risulta quasi assente a Zannone (LTF) dove è presente con quantità pressoché trascurabili (1,0 ind/m³) (Figura 3.25).

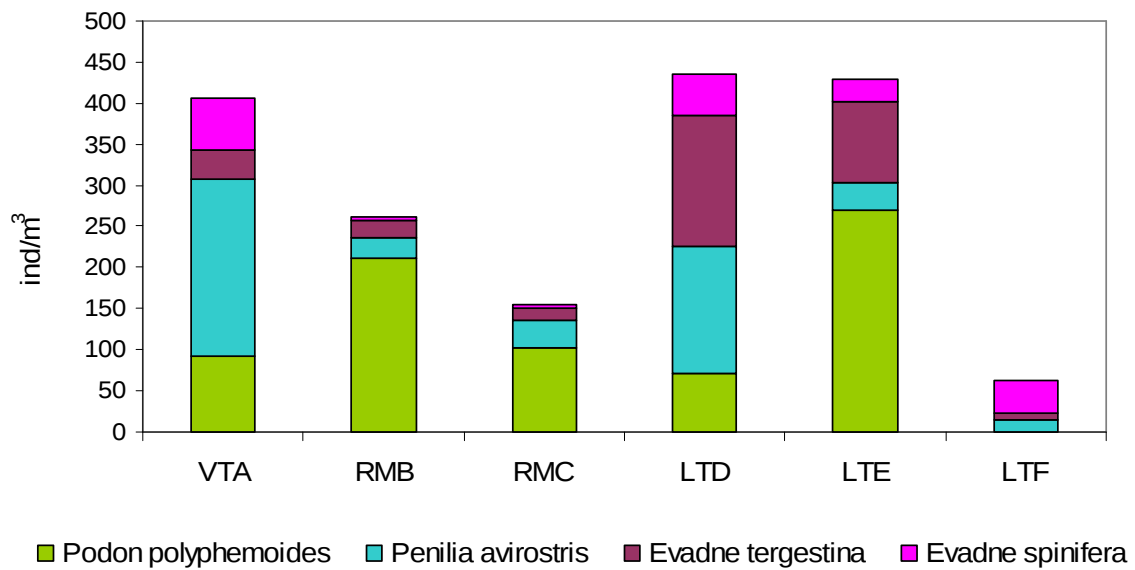


Figura 3.25. Abbondanze medie delle specie di Cladoceri nelle 6 stazioni campionate dal 2002 al 2007.

Gli andamenti delle abbondanze medie a scala regionale, espressi come $[\text{LOG}(\text{ind}/\text{m}^3 + 1)]$, evidenziano *pattern* stagionali ricorrenti per tutte le specie e non si osservano variazioni quantitative interannuali (Figura 3.26).

Lo sviluppo stagionale di *P. polyphemoides* risulta anticipato rispetto alle altre specie e con una maggiore ampiezza temporale, con una presenza discreta anche durante i mesi invernali. Le restanti specie mostrano cicli medi più compressi, limitati al periodo primaverile-tardo estivo che sembrano, inoltre, coincidere a scala regionale.

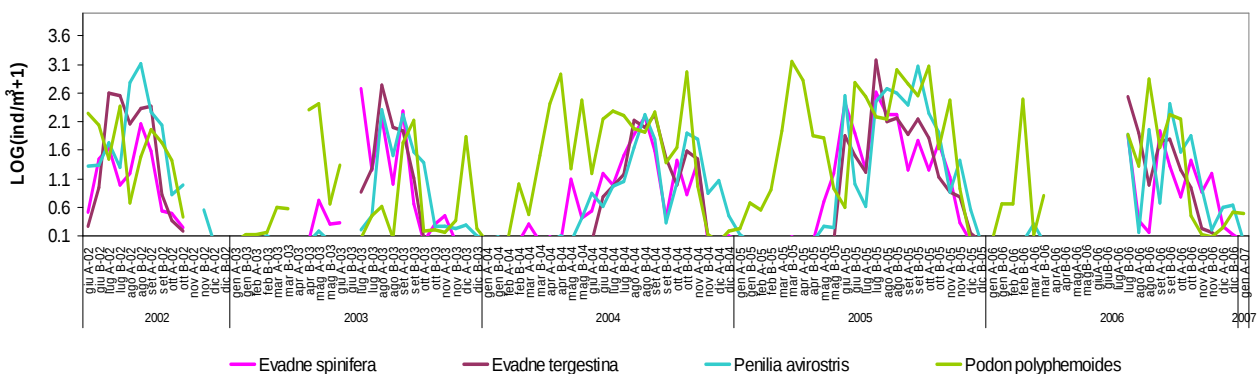


Figura 3.26. Andamenti medi regionali, calcolati da giugno 2002 a gennaio 2007 per le quattro specie di Cladoceri, espressi come valori di densità (ind/m^3) Log-trasformati.

I cicli stagionali medi delle quattro specie di Cladoceri evidenziano un'alternanza del periodo di massimo incremento, con lo sviluppo per primo di *P. polyphemoides* che mostra ad aprile il picco massimo, seguito dal picco *E. tergestina* a luglio, quello di *P. avirostris* ad agosto ed, infine, *P. polyphemoides* mostra un nuovo incremento ad ottobre, anche se con valori più bassi del primo (Figura 3.27).

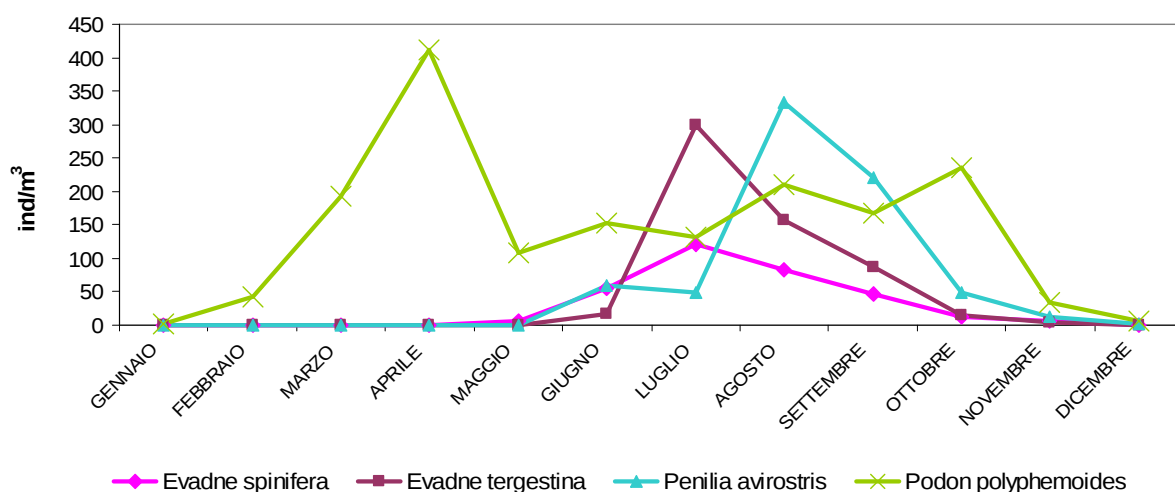


Figura 3.27. Cicli stagionali medi delle quattro specie di Cladoceri, calcolati a livello regionale da giugno 2002 a gennaio 2007.

I valori percentuali medi delle specie di Copepodi e Cladoceri ritrovate nelle singole stazioni e che insieme contribuiscono al 99% del popolamento sono riportati nella tabella 3.2.

I Copepodi *Acartia clausi*, *Centropages ponticus*, *Clausocalanus furcatus*, *Clausocalanus paululus*, *Euterpina acutifrons*, *Isias clavipes*, *Oithona nana*, *Oithona similis*, *Paracalanus parvus* e tutte le specie di Cladoceri (*Evadne spinifera*, *E. tergestina*, *Penilia avirostris* e *Podon polyphemoides*) sono comuni in tutti i siti, anche se il loro contributo percentuale medio è variabile.

Per alcune specie, ritenute più rappresentative sia per abbondanza che per frequenza durante l'intero periodo, è riportato il ciclo stagionale nelle singole stazioni. In allegato 7.1 sono riportati i valori medi mensili di densità (ind/m³) con le deviazioni standard (S) ed gli errori standard della media (S_r) calcolate per le specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative nelle sei stazioni campionate 2002 al 2007.

Foce Marta (VTA)	%	Ladispoli (RMB)	%	Fiumicino (RMC)	%	Rio Martino (LTD)	%	Monte d'Argento (LTE)	%	Zannone (LTF)	%
<i>Penilia avirostris</i>	26.37	<i>Podon polyphemoides</i>	42.58	<i>Podon polyphemoides</i>	29.15	<i>Evadne tergestina</i>	16.58	<i>Podon polyphemoides</i>	44.58	<i>Evadne spinifera</i>	26.71
<i>Paracalanus parvus</i>	23.29	<i>Acartia clausi</i>	9.72	<i>Paracalanus parvus</i>	13.99	<i>Penilia avirostris</i>	16.40	<i>Evadne tergestina</i>	16.49	<i>Paracalanus parvus</i>	14.56
<i>Podon polyphemoides</i>	11.25	<i>Oithona nana</i>	7.48	<i>Oithona nana</i>	11.86	<i>Paracalanus parvus</i>	13.49	<i>Paracalanus parvus</i>	8.40	<i>Penilia avirostris</i>	9.80
<i>Oithona nana</i>	8.77	<i>Paracalanus parvus</i>	7.43	<i>Penilia avirostris</i>	9.19	<i>Oithona nana</i>	10.87	<i>Acartia clausi</i>	6.79	<i>Euterpina acutifrons</i>	5.66
<i>Evadne spinifera</i>	7.61	<i>Acartia discaudata</i> var. medit.	7.23	<i>Centropages ponticus</i>	6.92	<i>Centropages ponticus</i>	10.04	<i>Oithona nana</i>	6.17	<i>Clausocalanus furcatus</i>	4.78
<i>Evadne tergestina</i>	4.50	<i>Centropages ponticus</i>	6.07	<i>Acartia clausi</i>	6.50	<i>Podon polyphemoides</i>	7.36	<i>Penilia avirostris</i>	5.38	<i>Clausocalanus paululus</i>	4.38
<i>Euterpina acutifrons</i>	3.86	<i>Euterpina acutifrons</i>	5.35	<i>Euterpina acutifrons</i>	5.49	<i>Euterpina acutifrons</i>	5.97	<i>Evadne spinifera</i>	4.49	<i>Evadne tergestina</i>	4.37
<i>Acartia clausi</i>	3.45	<i>Penilia avirostris</i>	5.03	<i>Acartia discaudata</i> var. medit.	4.74	<i>Evadne spinifera</i>	5.33	<i>Centropages ponticus</i>	2.11	<i>Paracalanus nanus</i>	3.49
<i>Centropages ponticus</i>	2.58	<i>Evadne tergestina</i>	4.25	<i>Evadne tergestina</i>	4.33	<i>Acartia clausi</i>	5.05	<i>Euterpina acutifrons</i>	1.67	<i>Oithona similis</i>	2.69
<i>Oithona similis</i>	2.24	<i>Isias clavipes</i>	1.13	<i>Isias clavipes</i>	1.90	<i>Acartia discaudata</i> var. medit.	2.32	<i>Acartia discaudata</i> var. medit.	1.38	<i>Calocalanus styliremis</i>	2.54
<i>Isias clavipes</i>	1.64	<i>Evadne spinifera</i>	0.76	<i>Evadne spinifera</i>	0.63	<i>Clausocalanus furcatus</i>	1.40	<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.53	<i>Oithona nana</i>	2.44
<i>Acartia discaudata</i> var. medit.	0.95	<i>Centropages typicus</i>	0.53	<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.60	<i>Isias clavipes</i>	1.00	<i>Isias clavipes</i>	0.40	<i>Temora stylifera</i>	1.99
<i>Pteriacartia josephinae</i>	0.41	<i>Oithona similis</i>	0.52	<i>Oithona similis</i>	0.50	<i>Oithona similis</i>	0.61	<i>Acartia margalefi</i>	0.25	<i>Oithona plumifera</i>	1.43
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.39	<i>Pteriacartia josephinae</i>	0.41	<i>Oithona plumifera</i>	0.47	<i>Paracalanus nanus</i>	0.44	<i>Clausocalanus paululus</i>	0.16	<i>Calocalanus pavoninus</i>	1.26
<i>Calocalanus styliremis</i>	0.35	<i>Paracalanus nanus</i>	0.14	<i>Clausocalanus paululus</i>	0.47	<i>Oithona plumifera</i>	0.41	<i>Oithona similis</i>	0.14	<i>Clausocalanus pergens</i>	1.04
<i>Centropages typicus</i>	0.29	<i>Clausocalanus paululus</i>	0.12	<i>Paracalanus nanus</i>	0.45	<i>Oncaea media</i>	0.32	<i>Oncaea curta</i>	0.13	<i>Oncaea curta</i>	1.01
<i>Paracalanus nanus</i>	0.26	<i>Paracartia grani</i>	0.11	<i>Calocalanus styliremis</i>	0.37	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0.31	<i>Altre specie</i>	1.00	<i>Acartia negligens</i>	0.86
<i>Clausocalanus paululus</i>	0.19	<i>Calocalanus styliremis</i>	0.10	<i>Paracartia grani</i>	0.29	<i>Acartia margalefi</i>	0.30			<i>Oncaea scottodicarloi</i>	0.83
<i>Oithona plumifera</i>	0.18	<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.10	<i>Corycaeus anglicus</i>	0.29	<i>Calocalanus pavo</i>	0.25			<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0.82
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0.15	<i>Altre specie</i>	1.00	<i>Oncaea media</i>	0.21	<i>Clausocalanus paululus</i>	0.23			<i>Corycaeus latus</i>	0.81
<i>Paracartia grani</i>	0.14			<i>Clausocalanus parapergens</i>	0.21	<i>Calocalanus styliremis</i>	0.21			<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0.75
<i>Clausocalanus pergens</i>	0.12			<i>Pteriacartia josephinae</i>	0.20	<i>Corycaeus latus</i>	0.11			<i>Centropages typicus</i>	0.68
<i>Altre specie</i>	1.00			<i>Corycaeus giesbrechti</i>	0.14	<i>Clausocalanus pergens</i>	0.11			<i>Oncaea media</i>	0.66
				<i>Corycaeus brehmi</i>	0.10	<i>Altre specie</i>	1.00			<i>Podon polyphemoides</i>	0.65
				<i>Calocalanus pavo</i>	0.10					<i>Centropages ponticus</i>	0.64
				<i>Altre specie</i>	1.00					<i>Clausocalanus lividus</i>	0.60
										<i>Calocalanus pavo</i>	0.55
										<i>Isias clavipes</i>	0.44
										<i>Paracalanus denudatus</i>	0.34
										<i>Clausocalanus jobei</i>	0.30
										<i>Ctenocalanus vanus</i>	0.29
										<i>Acartia clausi</i>	0.29
										<i>Oithona longispina</i>	0.29
										<i>Clausocalanus parapergens</i>	0.22
										<i>Corycaeus ovalis</i>	0.18
										<i>Corycaeus limbatus</i>	0.15
										<i>Corycaeus typicus</i>	0.14
										<i>Calocalanus contractus</i>	0.13
										<i>Nannocalanus minor</i>	0.11
										<i>Microsetella rosea</i>	0.10
										<i>Mecynocera clausi</i>	0.09
										<i>Altre specie</i>	1.00

Tabella 3.2 Contributi percentuali medi delle specie di Copepodi e Cladoceri nelle 6 stazioni campionate dal 2002 al 2007.

Per la stazione di Foce Marta sono riportati i cicli dei Copepodi *Acartia clausi*, *Centropages ponticus*, *Oithona similis*, *Euterpina acutifrons*, *Oithona nana* e *Paracalanus parvus* (Figura 3.27A), dove si osserva una corrispondenza di valori massimi per le ultime tre specie nel mese di gennaio, mentre *Oithona similis* ha un massimo a febbraio, *Acartia clausi* ha un massimo a maggio, *Centropages ponticus* mostra valori più elevati, senza particolari picchi, in estate ed inizio autunno. Per i Cladoceri (Figura 3.27B) si osserva una successione stagionale con picchi primaverili ed inizio estivi per *Podon polyphemoides*, estivi per *Evadne spinifera*, *E. tergestina* (luglio) e *Penilia avirostris* (agosto). Per una migliore definizione dei picchi stagionali, i valori medi di densità per le specie *Paracalanus parvus* e *Podon polyphemoides* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

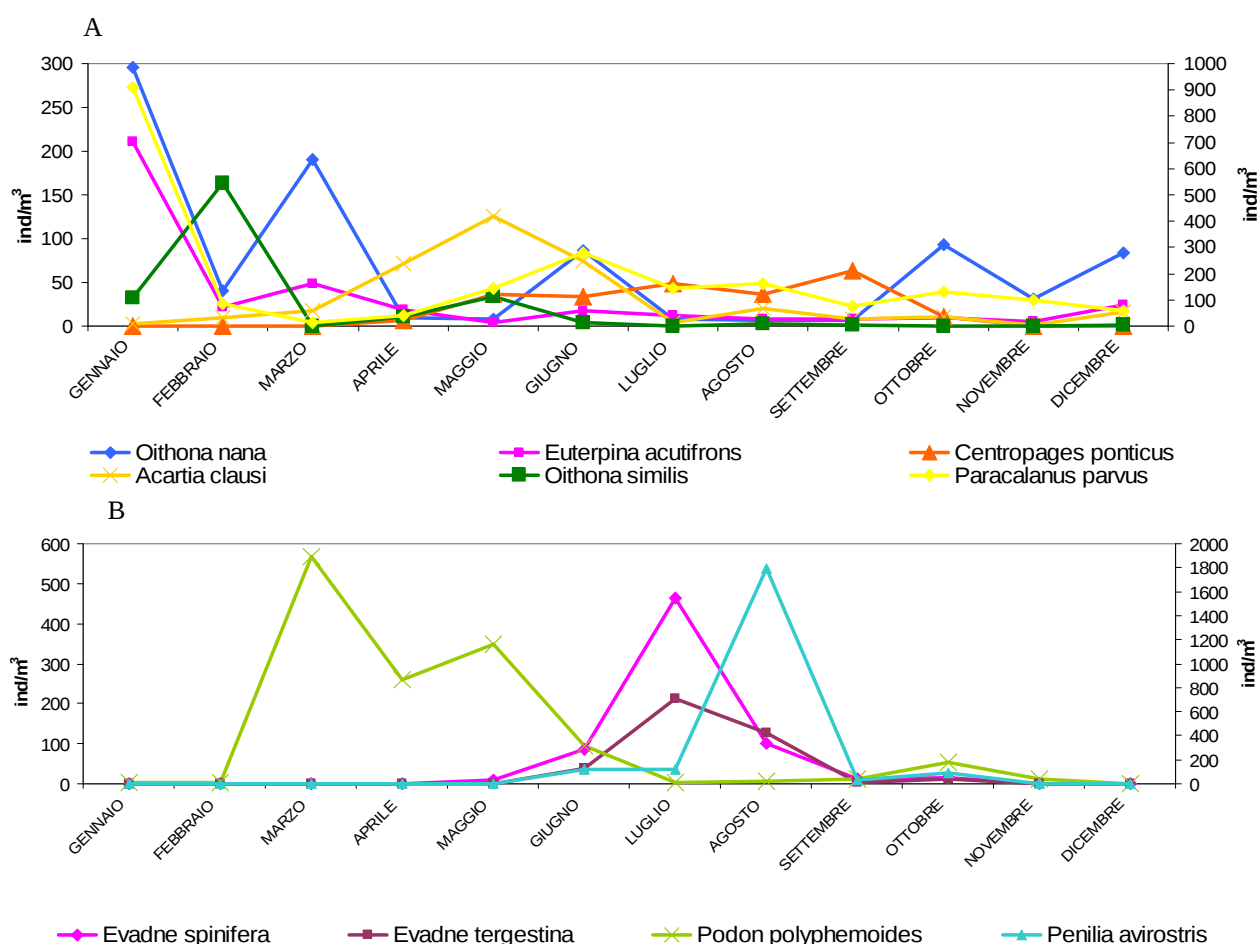


Figura 3.27. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Foce Marta**. I valori medi di densità per le specie *Paracalanus parvus* e *Podon polyphemoides* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

Per Ladispoli sono riportati i cicli dei Copepodi *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, *Oithona nana*, *Acartia clausi*, *A. discaudata* var. *mediterranea* ed *Euterpina acutifrons*

(Figura 3.28A), dove si osserva una corrispondenza di valori massimi per le specie di *Acartia* nel mese di aprile, mentre *Centropages ponticus* mostra valori più elevati a fine estate-inizio autunno; i valori massimi per *Paracalanus parvus*, *Oithona nana* ed *Euterpina acutifrons* si osservano in autunno (ottobre). I Cladoceri (Figura 3.28B) mostrano una corrispondenza di valori massimi nel mese di agosto per le specie significative (*Evadne tergestina*, *Penilia avirostris* e *Podon polyphemoides*). I valori medi di densità per le specie e *Acartia clausi*, *A. discaudata* var. *mediterranea* e *Penilia avirostris* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

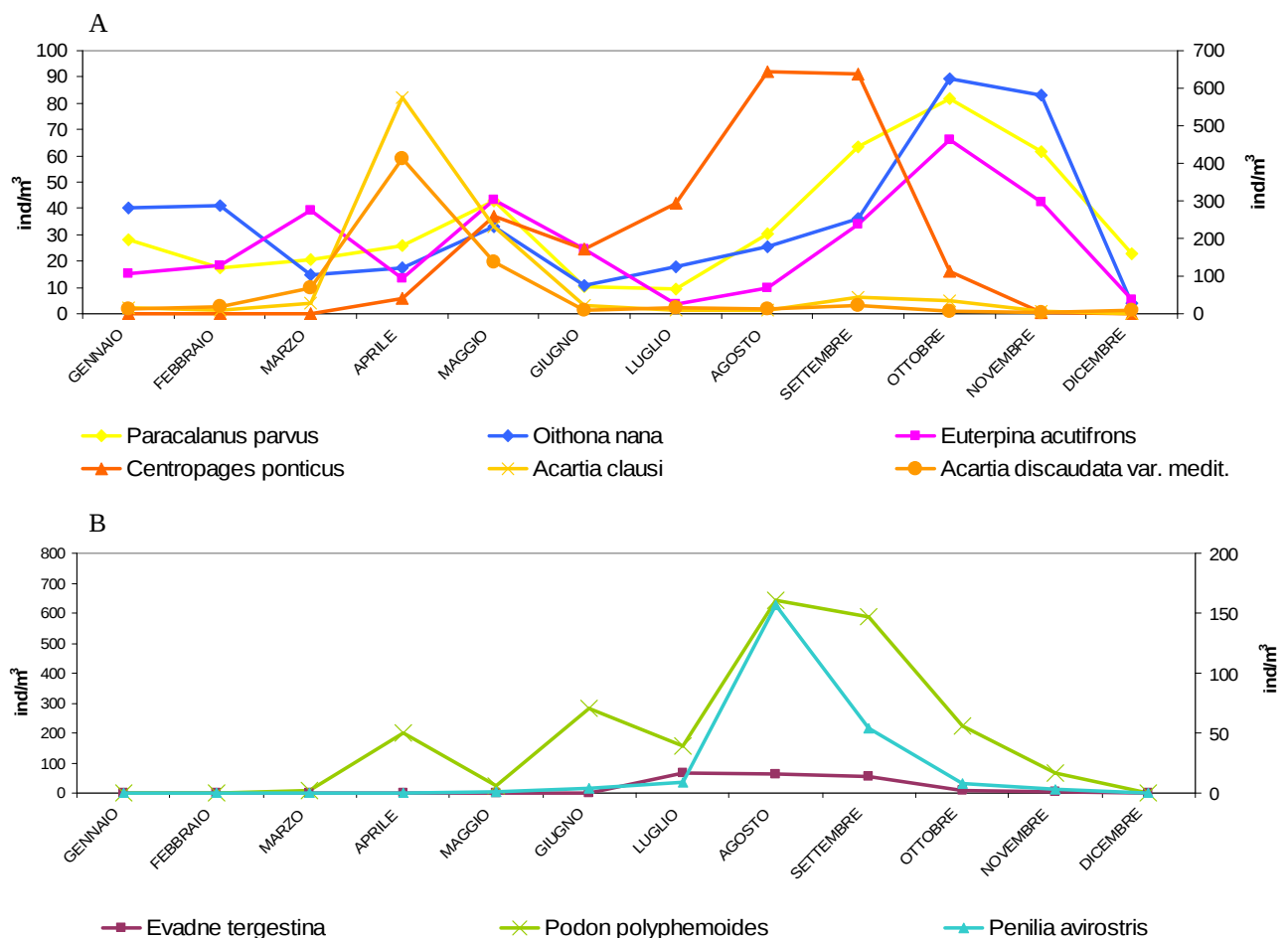


Figura 3.28. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Ladispoli**. I valori medi di densità per le specie *Acartia clausi*, *A. discaudata* var. *mediterranea* e *Penilia avirostris* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

Nella stazione di Fiumicino le specie più rappresentative sono le stesse di Ladispoli; i Copepodi del genere *Acartia* anche in questo caso mostrano valori massimi nel mese di aprile e *Centropages ponticus* a fine estate-inizio autunno; i valori massimi di *Paracalanus*

parvus si osservano sempre in autunno (ottobre), mentre per *Oithona nana* si evidenziano due picchi massimi della stessa intensità il primo a febbraio ed il secondo ad ottobre; anche *Euterpina acutifrons* mostra due picchi, il primo più abbondante a marzo, il secondo a novembre (Figura 3.29A). Per i Cladoceri (Figura 3.29B) si osserva una successione di valori massimi tra le specie *Podon polyphemoides* (giugno-luglio) e *Penilia avirostris* (agosto-settembre), quest'ultima in corrispondenza di *Evadne tergestina*, i cui valori massimi sono però molto più moderati. I valori medi di densità per le specie *Acartia clausi*, *A. discaudata* var. *mediterranea*, *Centropages ponticus*, *Paracalanus nanus* e *Penilia avirostris* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

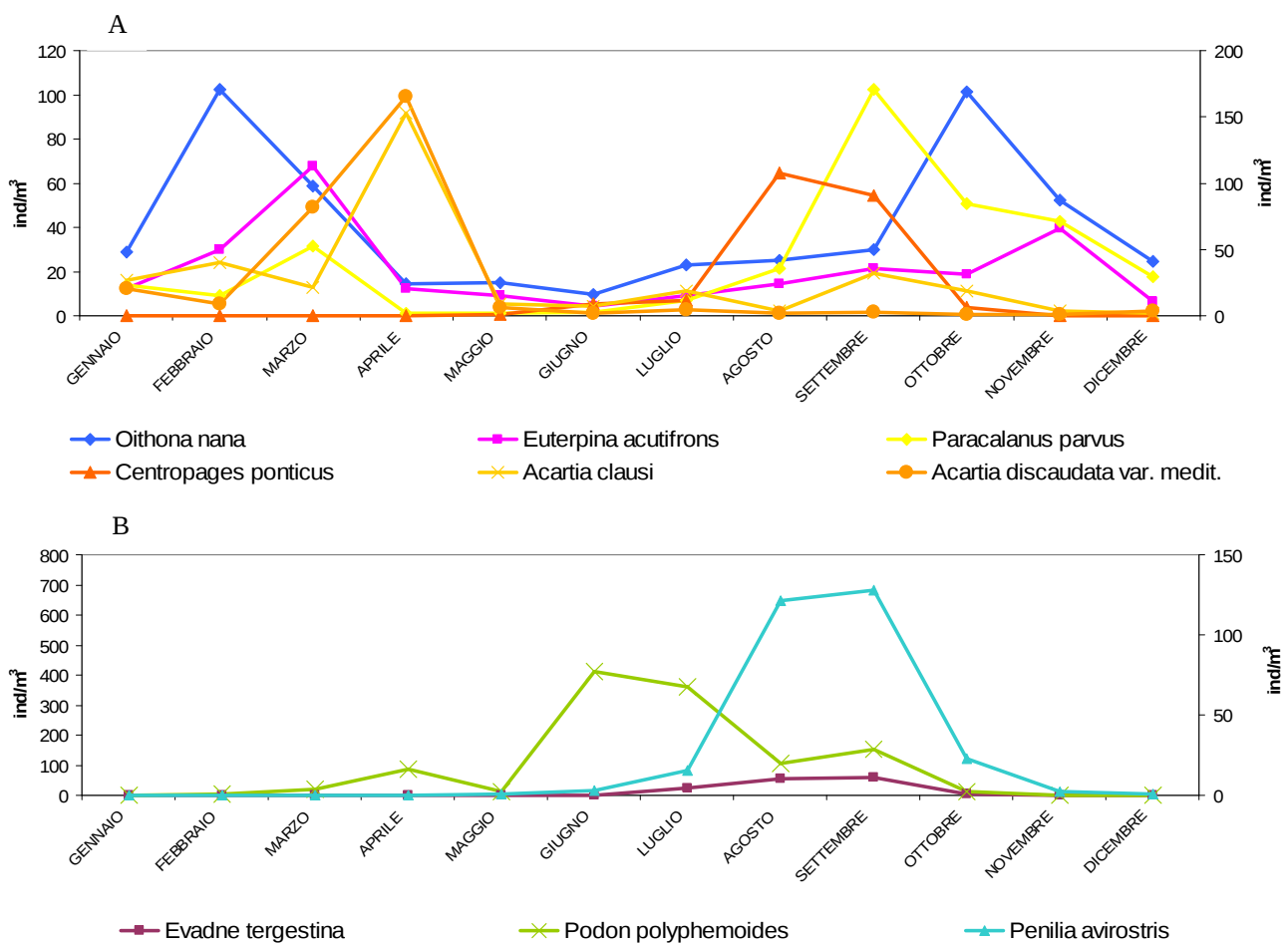


Figura 3.29. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Fiumicino**. I valori medi di densità per le specie *Acartia clausi*, *A. discaudata* var. *mediterranea*, *Centropages ponticus*, *Paracalanus nanus* e *Penilia avirostris* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

Anche per Rio Martino le specie di Copepodi più rappresentative sono le stesse delle due serie precedenti (Figura 3.30A): *Acartia clausi* mostra più che un vero picco di

abbondanze un incremento graduale da marzo a maggio con una diminuzione di valori nel mese di giugno, mentre per *A. discaudata* var. *mediterranea* si osservano due massimi più o meno della stessa intensità a maggio e a novembre. *Centropages ponticus* ha il suo massimo a luglio-agosto, mentre *Paracalanus parvus* sempre in autunno (ottobre) insieme ad *Euterpina acutifrons*. Infine, per *Oithona nana* si osserva un unico picco a novembre. Per i Cladoceri, presenti con tutte le specie (Figura 3.30B), si osserva una successione di valori massimi tra le specie *Podon polyphemoides*, con due picchi simili, uno ad aprile e l'altro ad agosto, *Evadne tergestina* (luglio), *E. spinifera* (agosto-settembre) e *Penilia avirostris* (settembre). I valori medi di densità per le specie *Centropages ponticus*, *Paracalanus nanus*, *Oithona nana*, *Penilia avirostris* ed *Evadne tergestina* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

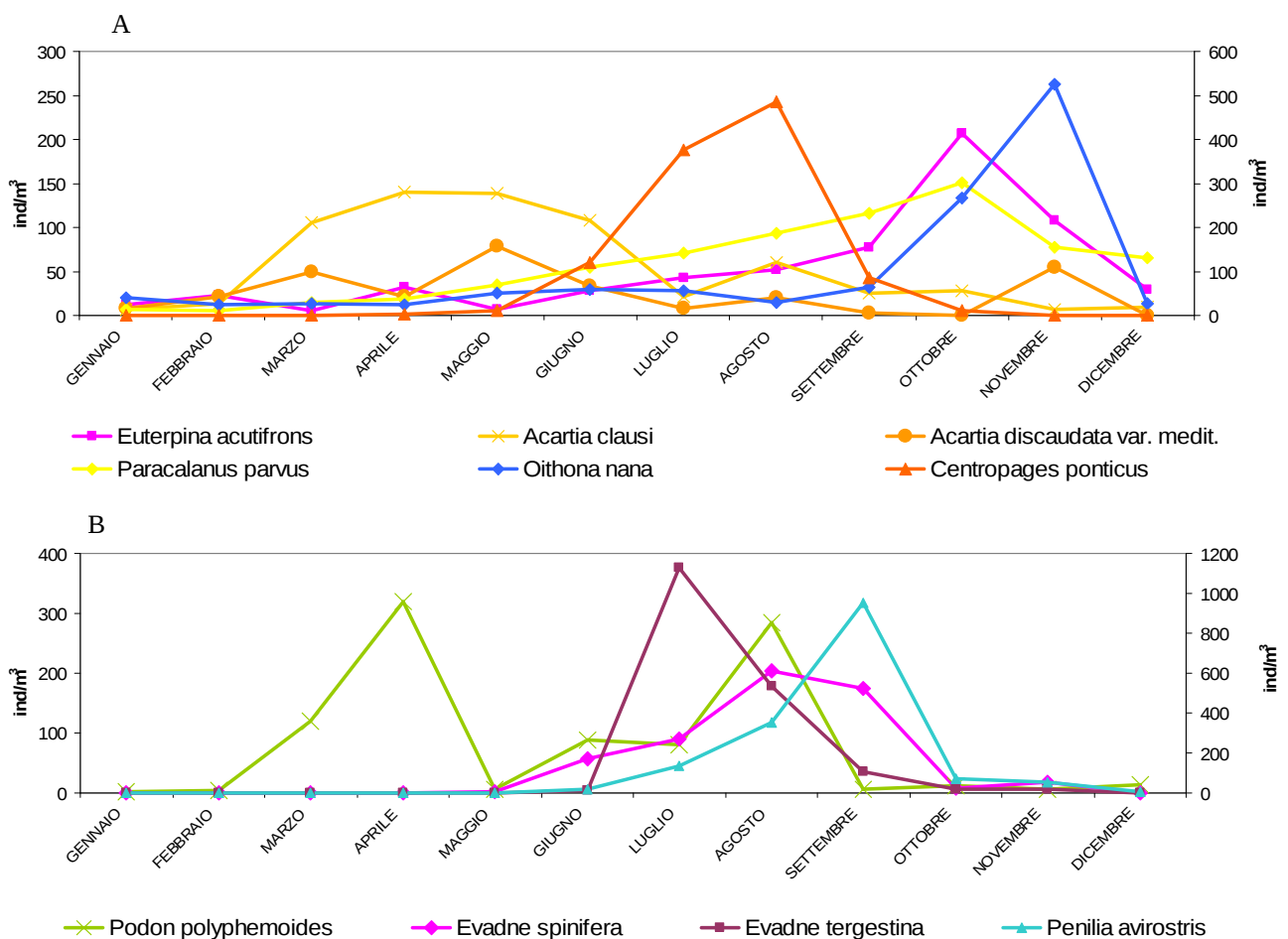


Figura 3.30. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Rio Martino**. I valori medi di densità per le specie *Centropages ponticus*, *Paracalanus nanus*, *Oithona nana*, *Penilia avirostris* ed *Evadne tergestina* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

A Monte d'Argento le specie di Copepodi più rappresentative sono di nuovo le stesse viste nelle serie precedenti (Figura 3.31A): *Paracalanus parvus* evidenzia tre picchi di abbondanze di cui il più elevato a novembre, il primo incremento si osserva già in aprile insieme a quello di *Acartia clausi* e *A. discaudata* var. *mediterranea*, il secondo ad agosto insieme a quello di *Oithona nana*, la quale mantiene elevati i valori di densità anche nei mesi autunnali. *Centropages ponticus* ha il suo massimo a settembre, insieme ad *Euterpina acutifrons*. I Cladoceri, presenti con tutte le specie (Figura 3.31B), evidenziano di nuovo una successione di valori massimi tra le specie *Podon polyphemoides*, con due picchi simili, uno ad aprile (più elevato) e l'altro ad ottobre; *Evadne tergestina* ha il suo massimo a luglio, *E. spinifera* ad agosto e *Penilia avirostris* a settembre. I valori medi di densità per le specie *Acartia clausi*, *Podon polyphemoides* ed *Evadne tergestina* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

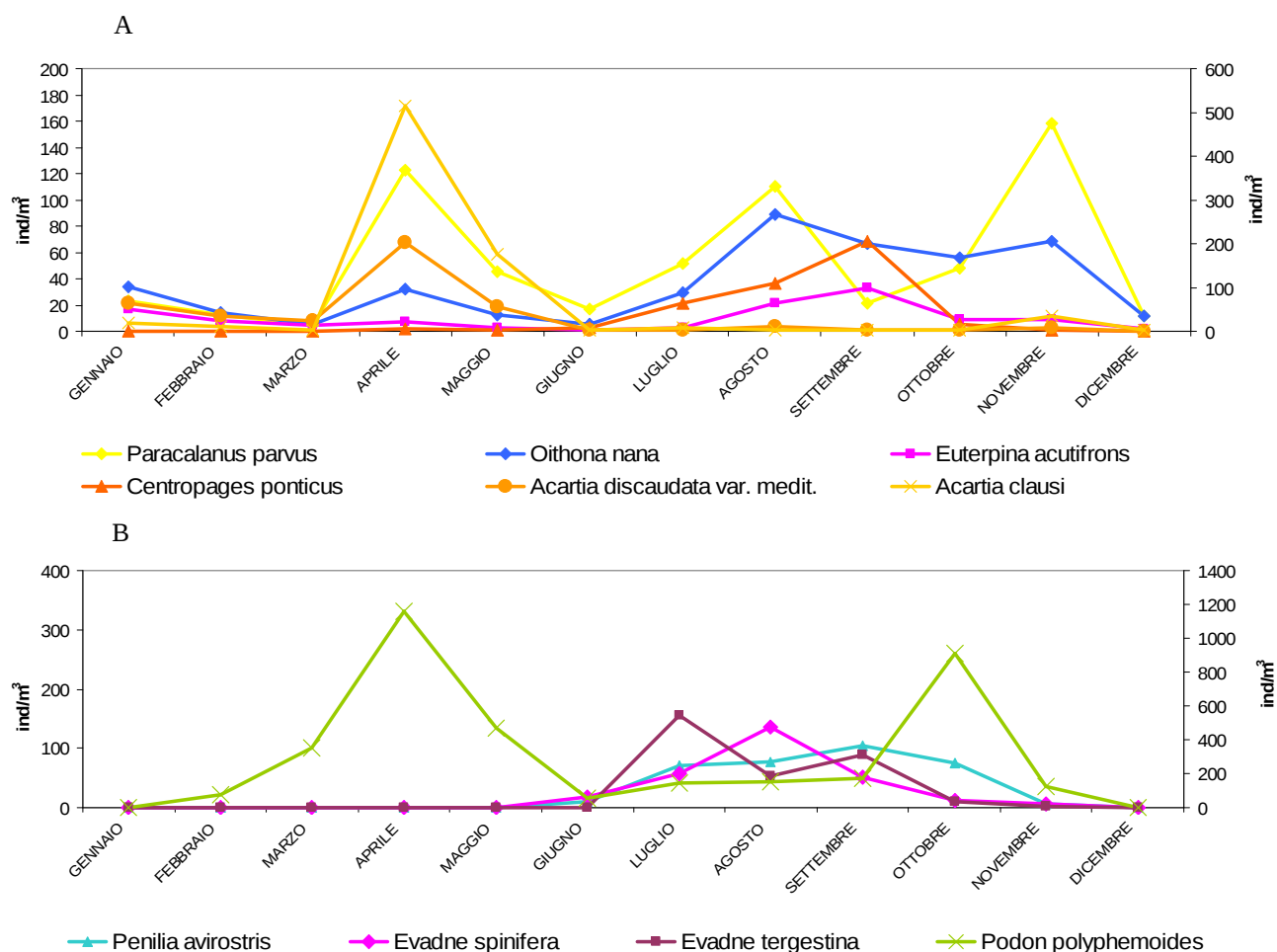


Figura 3.31. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Monte d'Argento**. I valori medi di densità per le specie *Acartia clausi*, *Podon polyphemoides* ed *Evadne tergestina* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

Infine, nella stazione di Zannone solo alcune delle specie di Copepodi più rappresentative sono le stesse degli altri siti (Figura 3.32A): resta *Paracalanus parvus* che evidenzia abbondanze discrete da aprile a maggio e dopo un deciso decremento estivo ha il suo picco massimo ad ottobre insieme alla specie *Temora styliifera*; per *Oithona nana* si osservano due incrementi di simile intensità, uno a gennaio e l'altro a novembre; *Euterpina acutifrons* evidenzia un massimo nel mese di marzo insieme a *Oithona similis* e *Clausocalanus furcatus*. Per le specie *Calocalanus styliremis*, *Paracalanus nanus* e *Clausocalanus paululus* i valori massimi si osservano nei mesi invernali, febbraio per le prime due e dicembre gennaio per l'ultima. I Cladoceri maggiormente rappresentati sono *Evadne spinifera*, con due picchi, uno più intenso a luglio con *E. tergestina* e l'altro ad ottobre, mentre *Penilia avirostris* ha il suo massimo dei valori a settembre (Figura 3.32B). I valori medi di densità per le specie *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Clausocalanus furcatus* e *Clausocalanus paululus* sono indicati sui rispettivi assi delle (Y) secondari.

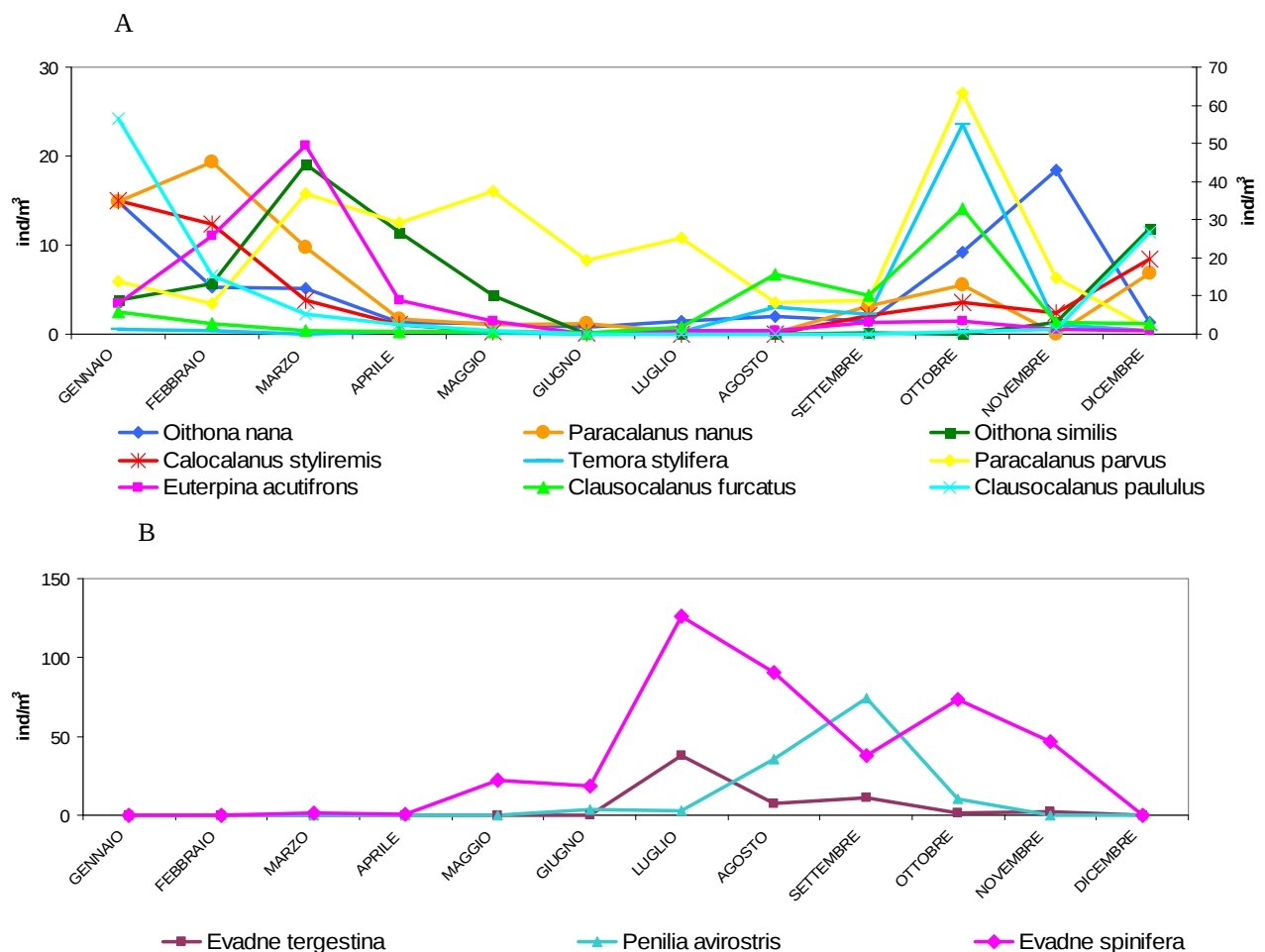


Figura 3.32. Cicli stagionali medi delle specie di Copepodi (A) e Cladoceri (B) nella stazione di **Zannone**. I valori medi di densità per le specie *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Clausocalanus furcatus* e *Clausocalanus paululus* sono indicati sull'asse delle (Y) secondario.

3.2. Analisi della Diversità

La diversità indica il grado di complessità della comunità ed è funzione principalmente di due elementi, il numero di specie (ricchezza specifica) e la *evenness* (detta anche equitabilità) con cui gli organismi sono distribuiti tra le specie.

Nelle singole stazioni è stata valutata la variabilità temporale degli indici di diversità di Shannon (H) e di Pielou (J) (*evenness*); inoltre, la ricchezza specifica è stata confrontata con la densità totale delle specie ritrovate.

In tutti i siti campionati si osserva una tendenza generale all'aumento dei valori dell'indice di Shannon e di Equitabilità in corrispondenza del periodo invernale e valori più bassi nei mesi caldi. Tale andamento non sembra essere in relazione con i valori di densità, ovvero, non sembra esserci correlazione con minimi e massimi di densità; lo stesso si può segnalare per la ricchezza specifica

Foce Marta evidenzia il massimo valore di diversità di Shannon a dicembre del 2003 ($H=2,70$) mentre l'*evenness* a luglio 2004 ($J=0,86$). I valori minimi di diversità per entrambi gli indici si registrano ad agosto 2002 ($H=0,43$; $J=0,15$), in corrispondenza di elevati valori di densità dovuti all'esplosione del Cladocero *Penilia avirostris* (6856,3 ind/m³) (Figura 3.33). Si osserva, inoltre una diminuzione della ricchezza specifica.

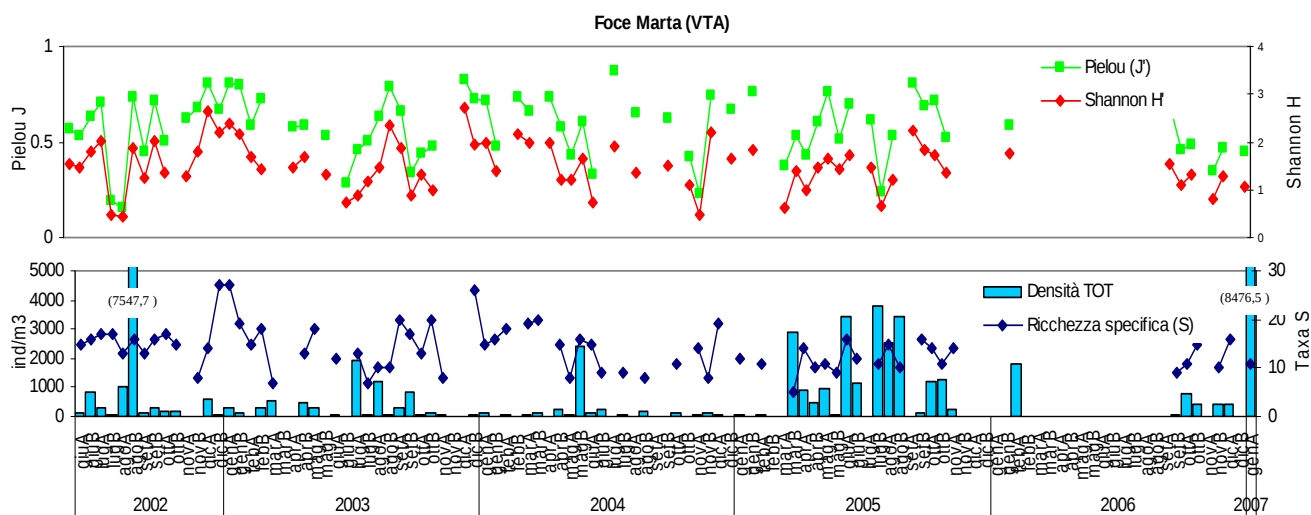


Figura 3.33. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Foce Marta (VTA).

Ladispoli mostra il massimo valore di diversità di Shannon nella seconda metà di dicembre del 2003 ($H= 2,83$) mentre il valore più elevato di *evenness* è nella prima metà di settembre 2002 ($J= 0,89$). I valori minimi di diversità si registrano ad agosto 2002 ($H= 0.35$; $J= 0,18$).

Non si evidenziano nel tempo una variazione dei valori della ricchezza specifica nel tempo, ma si segnala un valore particolarmente elevato a gennaio 2004 (Figura 3.34).

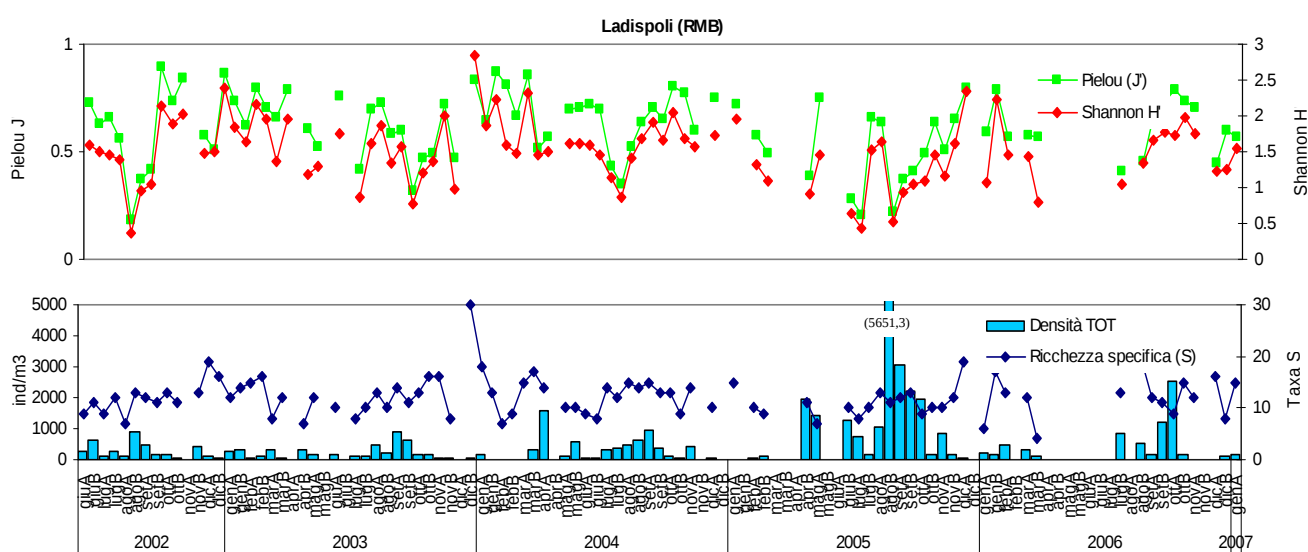


Figura 3.34. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Ladispoli (RMB).

Fiumicino mostra il massimo valore di diversità di Shannon a febbraio del 2002 ($H= 2,73$) mentre il valore più elevato di *evenness* a novembre 2006 ($J= 0,89$); i valori minimi di diversità per entrambi gli indici si registrano a luglio 2004 ($H= 0.21$; $J= 0,10$).

Si evidenzia, inoltre, una chiara tendenza a manifestare maggiori valori di diversità e ricchezza specifica nei mesi invernali, in corrispondenza dei minimi di densità, ma nell'inverno 2006 i valori massimi tendono ad essere più bassi rispetto agli altri anni (Figura 3.35).

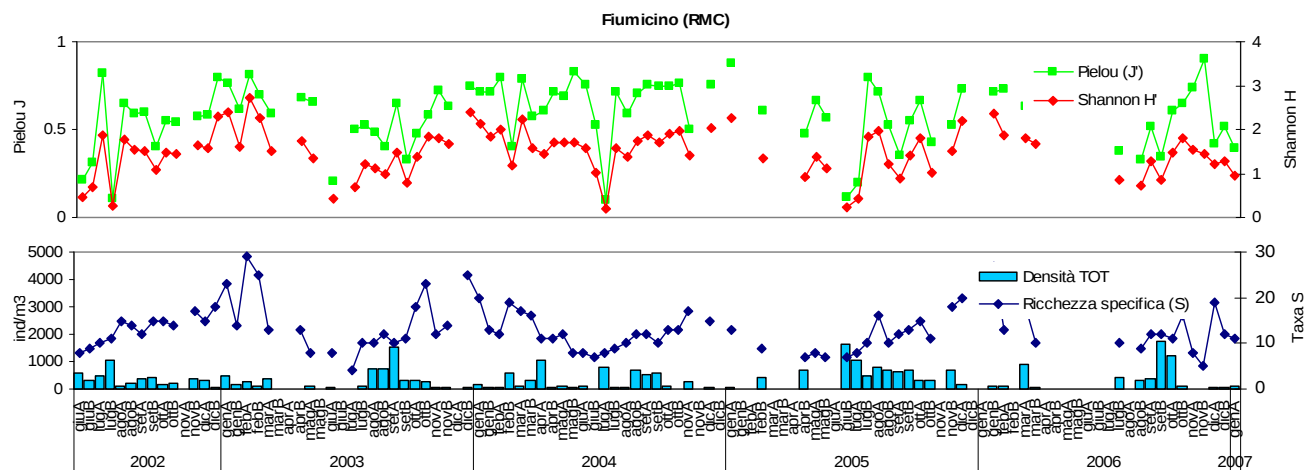


Figura 3.35. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Fiumicino (RMC).

Nella stazione di Rio Martino le variazioni degli indici di diversità risultano meno ampie; sebbene i valori siano più bassi nel periodo estivo, non si osservano bruschi picchi invernali. Il massimo valore di diversità di Shannon si registra ad ottobre del 2002 ($H=2,78$) mentre il valore più elevato di *evenness* a febbraio 2005 ($J=0,91$); i valori minimi di diversità per entrambi gli indici si registrano a giugno 2004 ($H=0,49$; $J=0,21$). Il 2005 evidenzia una generale diminuzione dei valori di diversità e di ricchezza specifica, in corrispondenza dei più elevati valori di densità (Figura 3.36).

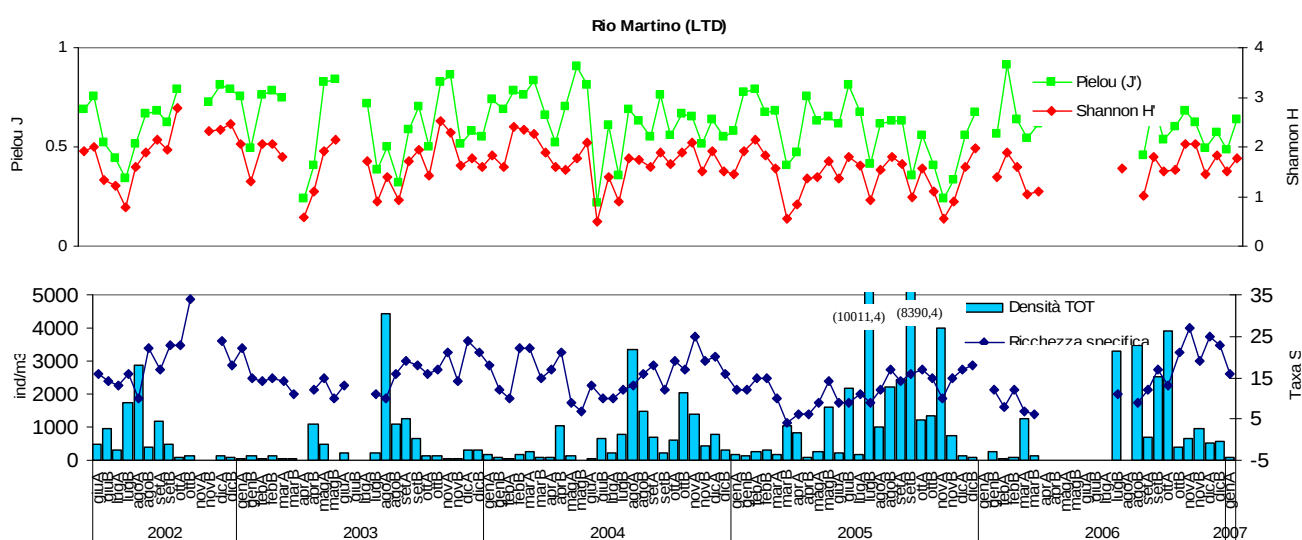


Figura 3.36. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Rio Martino (LTD).

A Monte d'Argento le oscillazioni dei valori di diversità e di ricchezza specifica sono particolarmente accentuate, con evidenti massimi invernali, in corrispondenza dei minimi valori di densità. Nell'inverno del 2005 e 2006 i picchi massimi tendono ad essere meno elevati rispetto agli altri anni. I massimi valori di diversità di Shannon si registrano a febbraio 2002 ($H= 2,92$), mentre per l'*evenness* si osservano a febbraio 2003 ($J= 0,93$); i valori minimi per entrambi gli indici nella prima metà di maggio 2003 ($H= 0,06$; $J= 0,02$) (Figura 3.37).

Oltre alle oscillazioni annuali dei valori di diversità e di ricchezza specifica, con massimi invernali e minimi nella stagione estiva, non si osservano particolari tendenze negli anni.

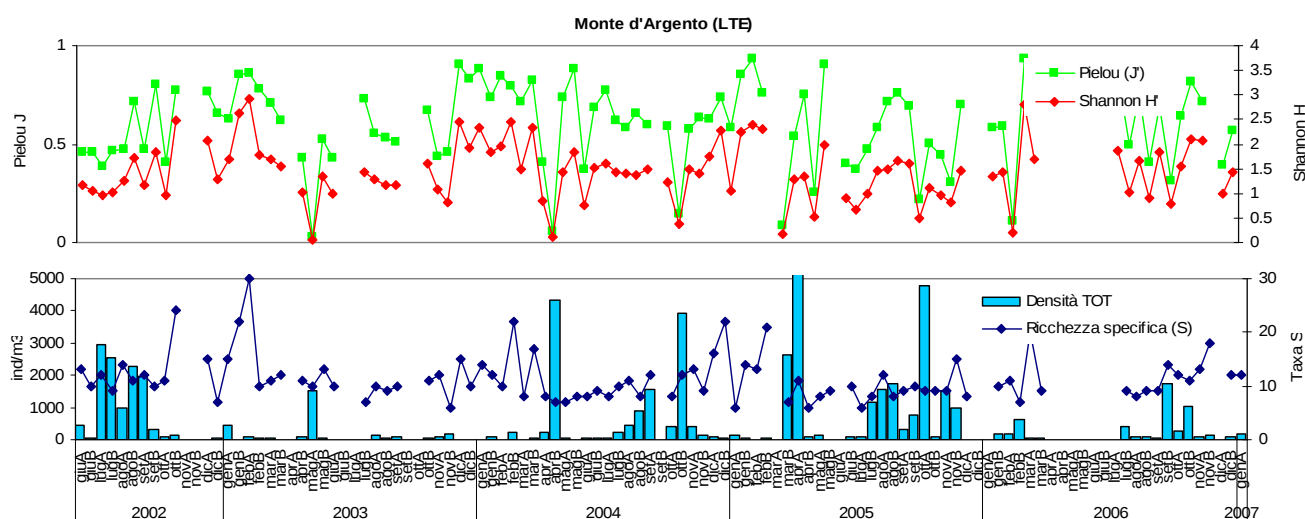


Figura 3.37. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Monte d'Argento (LTE).

Nella stazione di Zannone la mancanza di dati, soprattutto nel periodo invernale, altera la valutazione dell'effettivo andamento dei valori di diversità; questi, comunque tendono in generale a manifestare degli elevati valori invernali e minimi estivi, evidenti soprattutto negli anni 2002-2003, periodo in cui si è mantenuta una buona frequenza di campionamento. I massimi valori di diversità di Shannon si registrano a febbraio 2002 ($H= 3,04$) e di *evenness* a maggio 2004 ($J= 0,97$), i valori minimi per entrambi gli indici ad agosto 2004 ($H= 0,41$; $J= 0,18$).

In generale si osserva una diminuzione di tutti i valori nel tempo (Figura 3.38).

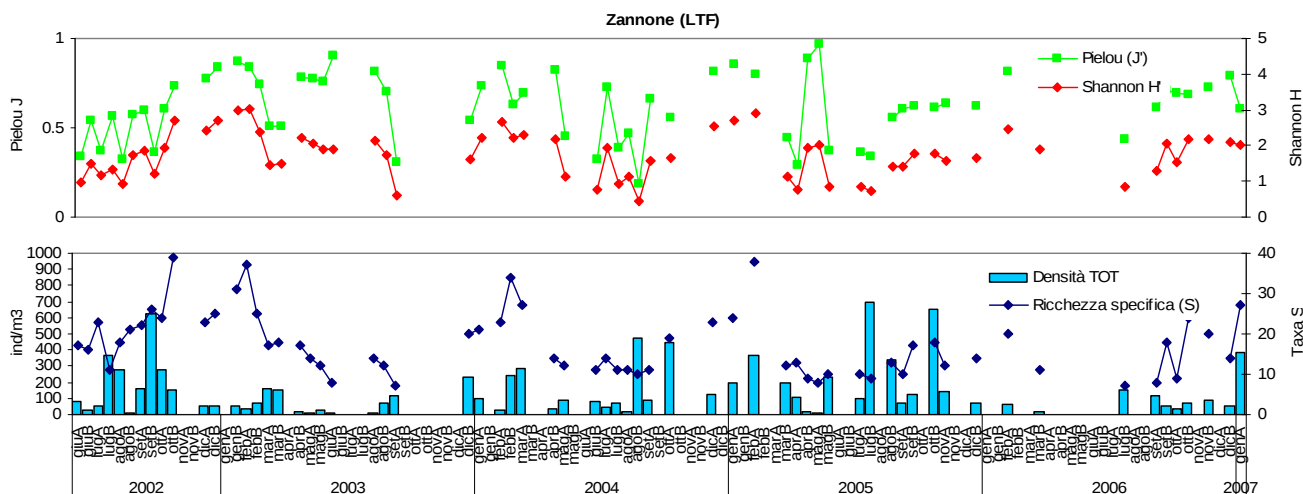


Figura 3.38. Andamento temporale degli indici di Shannon (H) e di Pielou (J), (parte superiore del grafico) e variazioni delle densità totali delle specie campionate in relazione alla ricchezza specifica (parte inferiore del grafico) nella stazione di Zannone (LTF).

La stazione con maggior ricchezza specifica media è Zannone (LTF) in cui sono state determinate in totale 73 *taxa* a livello si specie, la stazione con minor numero di specie è risultata Ladispoli (RMB), con 61 specie (Figura 3.39).

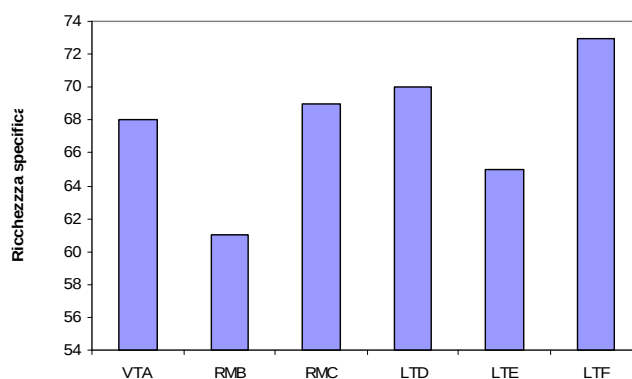


Figura 3.39. Variazioni della ricchezza specifica totale nelle diverse stazioni.

Una sintesi dei valori degli indici di diversità di Shannon e di Pielou (Figura 3.40) ottenuta mediante diagrammi Box-plot, mostra un aumento, anche se lieve, dei valori medi di H in direzione nord-sud, ad esclusione di Monte d'Argento, in cui si registrano i valori più bassi; il massimo valore medio di diversità di Shannon si osserva a Zannone. Per quanto

riguarda J i valori medi si mantengono pressoché costanti, con un leggero aumento nella stazione di Zannone.

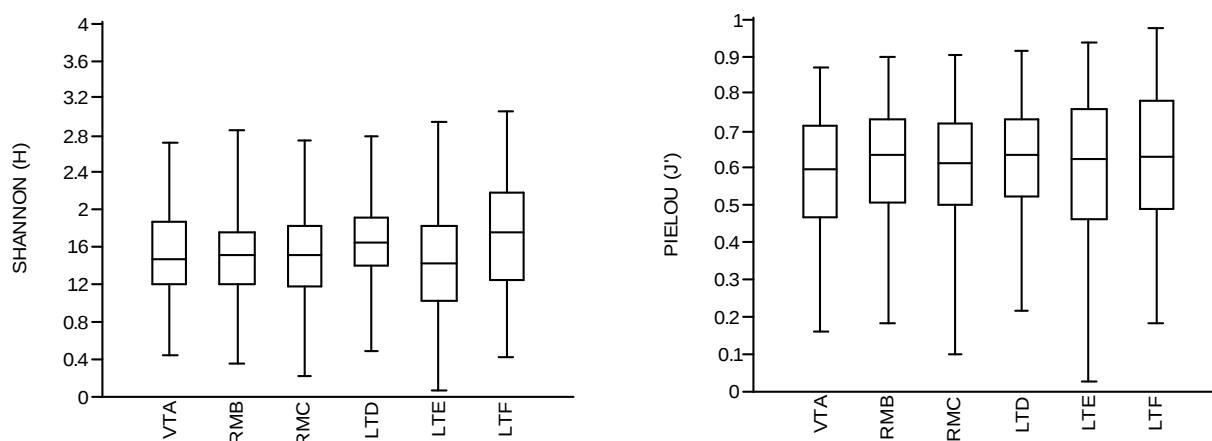


Figura 3.40. Sintesi dei valori totali degli indici di diversità di Shannon (H) e di Pielou (J) calcolati nelle diverse stazioni.

3.3. Analisi multivariata

L'Analisi delle Corrispondenze (CA) consente di evidenziare la struttura del popolamento con una rappresentazione grafica simultanea delle stazioni (osservazioni) e delle specie (variabili), le cui coordinate rendono massima la correlazione fra i due insieme per ogni fattore.

La CA condotta sulla matrice totale, 493 osservazioni e 170 *taxa*, definita dai risultati ottenuti a livello regionale sull'intero popolamento produce i primi 3 assi che assorbono rispettivamente il 8,01%, 7,47% e 6,06% dell'inerzia totale del sistema.

L'ordinamento dei punti-osservazione rappresentati simultaneamente ai *taxa* con contributi assoluti $>$ di 0,1% sul piano definito da CA1 e CA2 (Figura 3.41) evidenziano un addensamento della maggior parte dei punti-osservazione all'origine degli assi. Alcuni punti-osservazione appartenenti alle stazioni di Ladispoli, Fiumicino, Rio Martino e Monte d'Argento tendono a disporsi lungo CA2, con una forte saturazione negativa, mentre altri punti-osservazione, appartenenti alle medesime stazioni presentano una saturazione positiva lungo CA1 con un effetto a parabola.

Lungo CA1, con forte saturazione negativa, si contrappongono alcuni punti-osservazione appartenenti alla stazione di Foce Marta e Zannone.

A tale ordinamento contribuiscono in maniera rilevante tutte le specie di Cladoceri ritrovate insieme ai giovanili di *Acartia*, *Clausocalanus*, *Paracalanus*, *Temora* e *Centropages*, le specie *Centropages ponticus*, *Acartia clausi* e le larve di Cirripedi, come si può osservare dai valori dei contributi assoluti dei suddetti *taxa* al primo e secondo asse (Figura 3.42).

Lungo CA1 si osserva l'opposizione di *Penilia avirostris*, *Evadne tergestina*, *E. pinifera* e *Centropages ponticus*, contro le larve di Cirripedi ed i giovanili di *Acartia* che mostrano la massima saturazione positiva.

Podon polyphemoides evidenzia la massima saturazione negativa lungo CA2 e si separa dalla maggior parte delle specie, disposte in una nube concentrata nella porzione positiva dell'asse.

La struttura dell'ordinamento evidenzia una periodicità del segnale con il rilevante contributo dei *taxa* sopraindicati, i quali caratterizzano l'evoluzione stagionale della intera comunità.

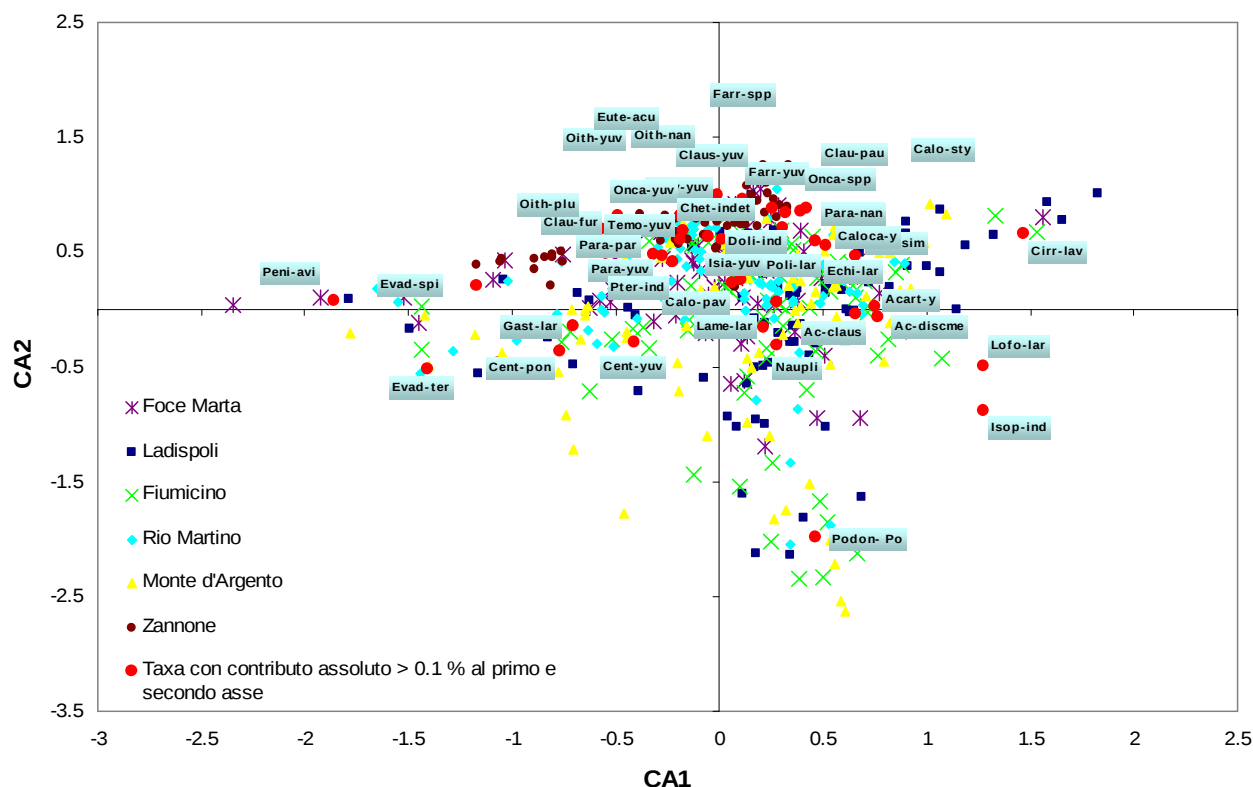


Figura 3.41. Ordinamento CA dell'intero popolamento e dei *taxa* significativi ($>$ dello 0,1% per entrambi gli assi CA1 e CA2), calcolato a livello regionale.

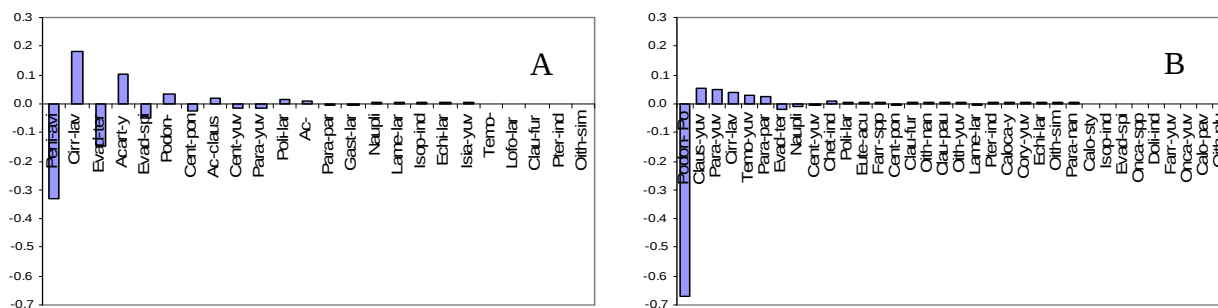


Figura 3.42. Contributi assoluti dei *taxa* significativi ($>$ dello 0,1%) al primo (A) e al secondo asse (B) per il segno della coordinata.

I *taxa* con contributi assoluti $>$ di 1% sono stati rappresentati insieme alle stazioni prese singolarmente, negli ordinamenti della figura 3.43; la struttura del popolamento risulta sostanzialmente omogenea nei siti di Ladispoli, Fiumicino, Rio Martino e Monte d'Argento, che si differenziano principalmente per il contributo di alcuni gruppi meroplanctonici come le larve di Cirripedi e di Policheti, più accentuato nelle stazioni di Ladispoli e Fiumicino,

mentre per Rio Martino e Monte d'Argento è il Cladocero *Podon polyphemoides* che determina il contributo maggiore alla struttura.

I *taxa* che prioritariamente caratterizzano l'ordinamento di Foce Marta sono le altre specie di Cladoceri *Evadne tergestina* ed *E. spinifera* e *Penilia avirostris*, mentre a Zannone un ruolo determinante lo assumono i Copepodi appartenenti ai generi *Paracalanus* (giovani e adulti di *P. parvus*) *Temora*, *Clausocalanus* e *Centropages* (giovani e adulti di *C. ponticus*).

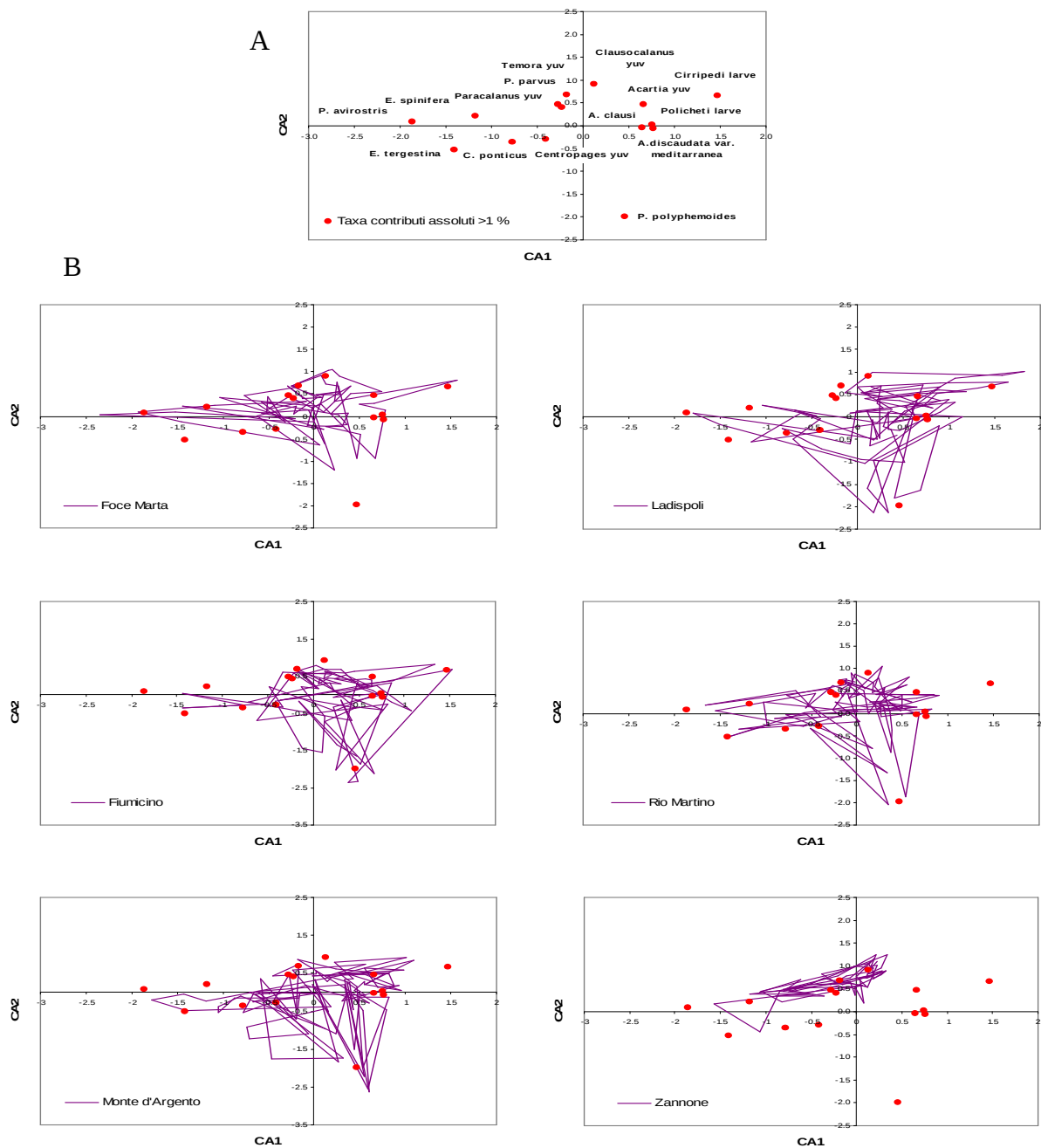


Figura 3.43 Ordinamenti CA dei *taxa* significativi (> dell'1% per entrambi gli assi CA1 e CA2) (A) e dell'intero popolamento calcolati nelle singole stazioni (B).

L'andamento delle coordinate dei campioni prelevati nei diversi siti sul primo (Figura 3.44) e secondo (Figura 3.45) asse dell'Analisi delle Corrispondenze (CA) evidenzia in entrambi i casi un *pattern* di ciclicità stagionale; abbiamo visto in figura 3.42 i *taxa* significativi (con contributi assoluti > di 0,1%) responsabili di tale andamento.

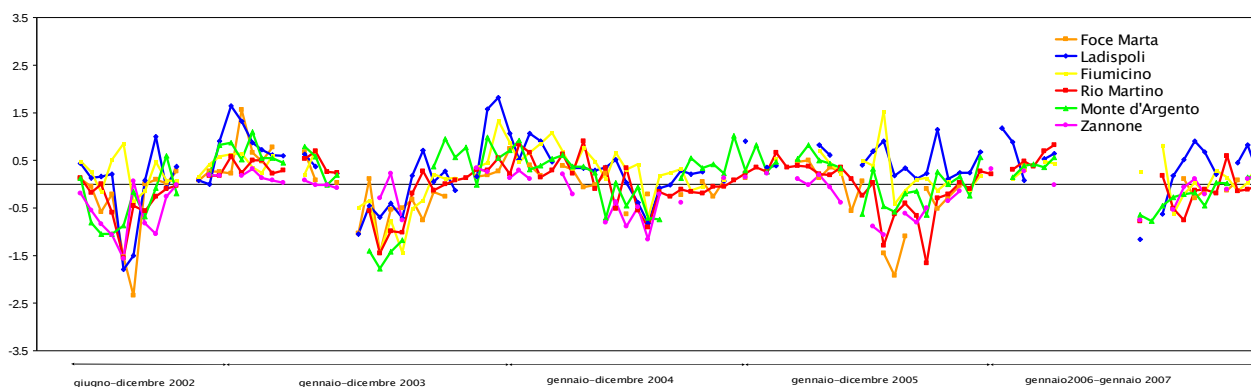


Figura 3.44. Andamento delle coordinate delle diverse stazioni sul primo asse della CA.

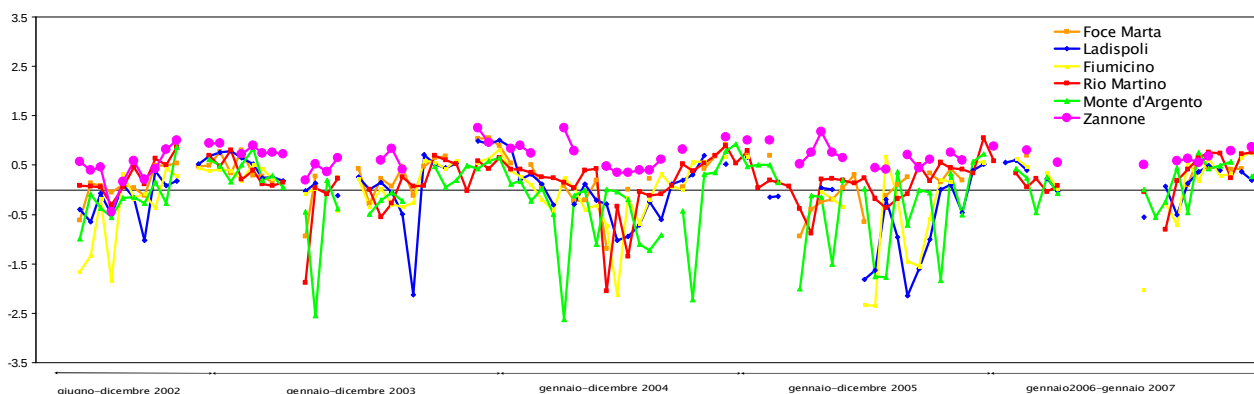


Figura 3.45. Andamento delle coordinate delle diverse stazioni sul secondo asse della CA.

Stessa situazione, ma con una evoluzione stagionale ancora più definita, si osserva negli ordinamenti ottenuti su porzioni rappresentative del popolamento, ovvero solo sull'elemento oloplanctonico (matrice 493 osservazioni e 148 *taxa*) (Figura 3.46) e solo sugli organismi adulti (matrice 493 osservazioni e 111 *taxa*) (Figura 3.47).

In entrambi i casi i punti-osservazione si dispongono in modo tale da formare un ordinamento a parabola, con il vertice lungo la porzione positiva di CA1, disposti nel I e II quadrante, per il solo popolamento oloplanctonico o concentrati nel I quadrante per i soli organismi adulti, mentre il resto dei punti-stazione si distribuiscono in opposizione tra loro

verso il III e IV quadrante nel primo caso (Figura 3.46), II e IV quadrante nel secondo caso (Figura 3.47), con una continuità nella dispersione dei punti-stazione.

L'ordinamento dei punti-variabile (*taxa* significativi con contributi assoluti $>$ di 0,1) si sovrappone a quello dei punti-stazione per entrambi gli ordinamenti, evidenziandola l'opposizione delle specie di Cladoceri tipicamente estive e particolarmente abbondanti che insieme a *Centropages ponticus* si contrappongono alla maggior parte degli altri *taxa*, in particolare ai Copepodi *Calocalanus styliremis*, *Clausocalanus pergens* e *Clausocalanus paululus*, i quali pur non mostrando elevati valori di abbondanza, hanno una maggiore affinità per le temperature più basse.

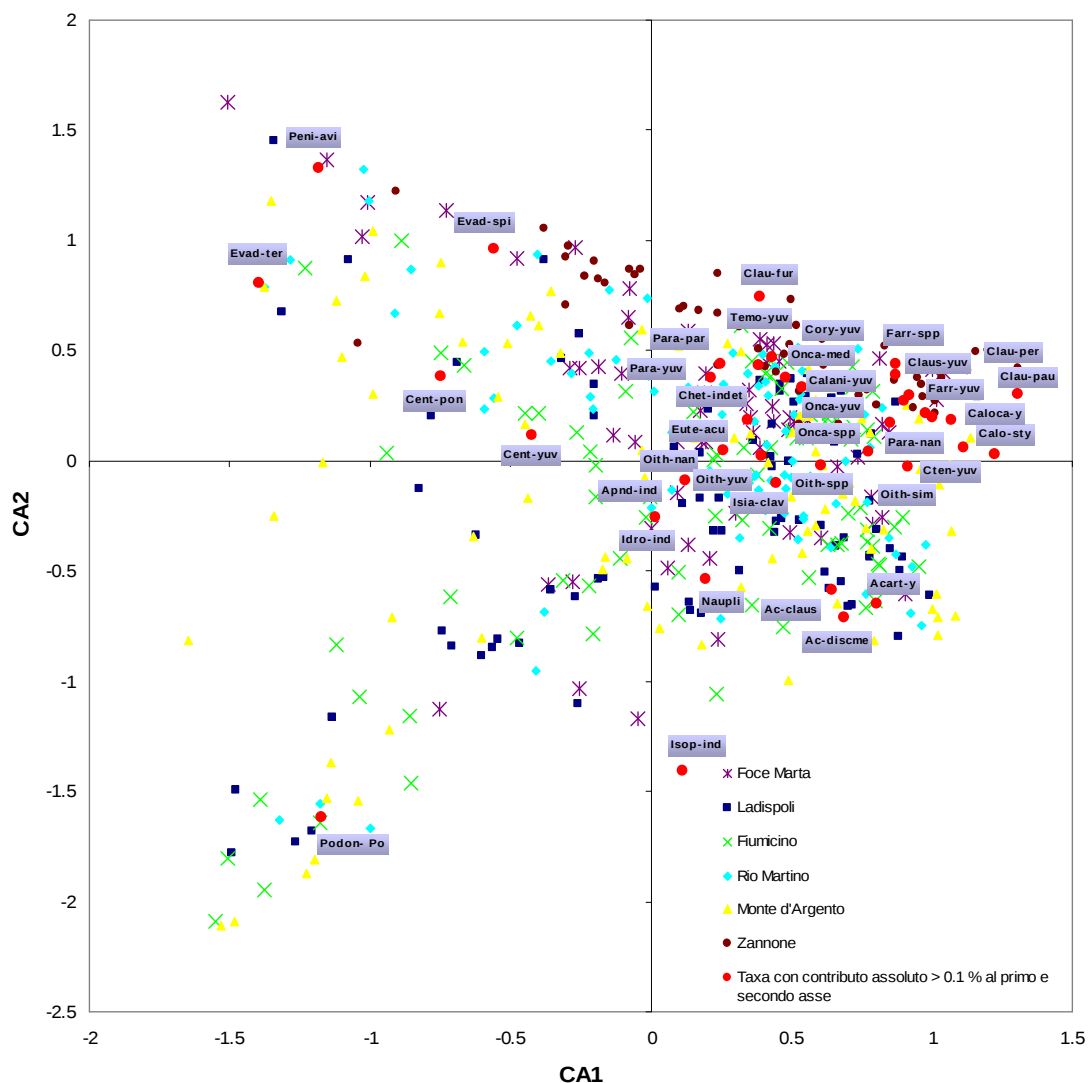


Figura 3.46. Ordinamento CA del popolamento oloplanctonico totale e dei *taxa* significativi ($>$ dello 0,1% per entrambi gli assi CA1, inerzia assorbita =8,89% e CA2, inerzia assorbita =9,59%), calcolato a livello regionale.

3.4. Analisi spaziale e temporale delle serie

3.4.1. Autocorrelazione e cross-correlazione

Per testare la regolarità del segnale stagionale, per ogni serie è stata calcolata mediante i coefficienti Spearman e Kendall l'autocorrelazione di rango a 12 mesi della coordinata dei campioni sul primo asse della CA totale.

L'ipotesi nulla di assenza di autocorrelazione ($r=0$ e $\tau=0$ a 12 mesi) è stata rigettata ($p<0,001$) in tutte le stazioni tranne Fiumicino, dove la componente stagionale mostra una autocorrelazione a 12 mesi non significativa (Tabella 3.3).

	Spearman r	$p(r)$	Kendall τ	$p(\tau)$
Foce Marta	0.731	< 0,001	0.54	< 0,001
Ladispoli	0.45	< 0,001	0.327	< 0,001
Fiumicino	0.262	<u>0.063</u>	0.167	<u>0.083</u>
Rio Martino	0.682	< 0,001	0.49	< 0,001
Monte d'Argento	0.666	< 0,001	0.461	< 0,001
Zannone	0.657	< 0,001	0.47	< 0,001

Tabella 3.3. Autocorrelazione di rango a 12 mesi della coordinate dei campioni su CA1 (Analisi Fattoriale calcolata su tutti i *taxa*).

Analogamente, è stata testata l'ipotesi nulla di correlazione incrociata pari a 0 tra le diverse stazioni, che è stata rigettata ($p<0,001$) per tutte le coppie di stazioni tranne Ladispoli-Zannone, dove è stata comunque rigettata, ma per $p=0.007$ e $p=0.002$, rispettivamente per i coefficienti di Spearman e di Kendall. Nel caso della coppia Fiumicino-Zannone, invece, l'ipotesi nulla non può essere rigettata, sia pure per un margine molto piccolo (Tabella 3.4).

	Spearman r	$p(r)$	Kendall τ	$p(\tau)$
Foce Marta - Ladispoli	0.519	< 0,001	0.38	< 0,001
Foce Marta - Fiumicino	0.502	< 0,001	0.36	< 0,001
Foce Marta - Rio Martino	0.642	< 0,001	0.462	< 0,001
Foce Marta - Monte d'Argento	0.644	< 0,001	0.461	< 0,001
Foce Marta - Zannone	0.574	< 0,001	0.411	< 0,001
Ladispoli - Fiumicino	0.425	< 0,001	0.291	< 0,001
Ladispoli - Rio Martino	0.502	< 0,001	0.347	< 0,001
Ladispoli - Monte d'Argento	0.544	< 0,001	0.385	< 0,001
Ladispoli - Zannone	0.351	<u>0.007</u>	0.284	<u>0.002</u>
Fiumicino - Rio Martino	0.476	< 0,001	0.355	< 0,001
Fiumicino - Monte d'Argento	0.449	< 0,001	0.322	< 0,001
Fiumicino - Zannone	0.223	<u>0.095</u>	0.152	<u>0.093</u>
Rio Martino - Monte d'Argento	0.681	< 0,001	0.48	< 0,001
Rio Martino - Zannone	0.559	< 0,001	0.408	< 0,001
Monte d'Argento - Zannone	0.647	< 0,001	0.473	< 0,001

Tabella 3.4. Correlazione incrociata di rango della coordinata dei campioni su CA1 (Analisi Fattoriale calcolata su tutti i *taxa*).

3.4.2. Test di Mantel

Il segnale di stagionalità delle diverse serie è stato ulteriormente verificato mediante il test di Mantel, al fine di ottenere una misura del grado di correlazione esistente nella struttura dell'intero popolamento, utilizzando due serie di campioni decalate di un anno..

Per ciascuna serie sono state generate matrici con campionamenti equidistribuiti, dove per i dati mancanti è stata considerata la media tra il campionamento precedente e quello successivo. A causa del lungo periodo di interruzione verificatosi nel 2006 (da aprile a giugno), non è stato possibile inserire questo anno nelle serie. Sono state, quindi, generate per ogni serie due matrici di dati mediati mensilmente, la prima da giugno 2002 a giugno 2004, la seconda da giugno 2003 a giugno 2005.

I test eseguiti sia sulla matrice di distanza di Bray-Curtis, che su quella di similarità di Jaccard consentono di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza fra le serie (e quindi di assenza di autocorrelazione a 12 mesi nella struttura del popolamento) con $p < 0.05$ in tutti i casi tranne per la stazione di Rio Martino, dove l'ipotesi nulla di indipendenza fra i cicli decalati di 12 mesi non è stata rigettata (Tabella 3.5).

<i>Test di Mantel</i>	Foce Marta		Ladispoli		Fiumicino		Rio Martino		Monte d'Argento		Zannone	
	R(Correlation)	p(uncorr)	R(Correlation)	p(uncorr)	R(Correlation)	p(uncorr)	R(Correlation)	p(uncorr)	R(Correlation)	p(uncorr)	R(Correlation)	p(uncorr)
Coefficiente di similarità di JACCARD	0.4929	0	0.3499	0	0.4848	0	0.3959	0	0.1686	0.0639	0.3871	0
Coefficiente di distanza di BRAY-CURTIS	0.1354	0.0415	0.1428	0.038	0.1643	0.059	0.1194	<u>0.0896</u>	0.2175	0.0019	0.3199	0.0002

Tabella 3.5. Test di Mantel condotto sulle matrici giugno 2002-giugno 2004 e giugno 2003-giugno 2005 per ogni stazione.

3.4.3. Runs Test

I *taxa* determinati a livello di specie (82 Copepodi e 4 Cladoceri) sono stati analizzati mediante Runs Test per valutare il grado di casualità della loro presenza nelle diverse serie. Per ogni stazione sono state, quindi, selezionate le specie per cui la probabilità di generazione casuale della serie delle presenze-assenze è stata rigettata con un livello di probabilità $p < 0.01$.

In tutte le stazioni si osserva, per la maggior parte delle specie, un pattern di alternanza presenza-assenza legato alla stagionalità, in alcuni casi con evidente slittamento del periodo di permanenza, soprattutto per specie congeneriche.

Nella stazione di Foce Marta (Figura 3.48) risulta significativa la ricorrenza non casuale per 20 specie (16 Copepodi e 4 Cladoceri). Le specie di Copepodi Calanoidi appartenenti alla famiglia Acartidae (*Acartia discaudata* var. *mediterranea*, *Paracartia grani* e *Pteriacartia josephinae*) evidenziano un chiaro pattern stagionale ed una maggiore frequenza nei primi tre anni di campionamento. Inoltre, sia *P. grani* che *P. josephinae* mostrano uno slittamento del periodo di permanenza, prevalentemente estivo, rispetto a *A. discaudata* var. *mediterranea*, in particolare negli anni 2003-2004 e 2005. Per *Paracalanus denudatus* e *Paracalanus nanus* si osserva una rarefazione delle presenze nel tempo ed un periodo di permanenza prevalentemente tardo invernale-primaverile; lo stesso si può dire per le specie dei generi *Calocalanus* (*C. pavo*, *C. pavoninus* e *C. styliremis*) e *Clausocalanus* (*C. paululus* e *C. pergens*). *Centropages ponticus* evidenzia un chiaro pattern primaverile-estivo. Al contrario il Ciclopoide *Oithona similis* rivela una stagionalità prevalentemente invernale, mentre la congenerica *O. nana* ha una ricorrenza meno individuabile. Poco chiara è la ricorrenza dei Poecilostomatoidi *Corycaeus flaccus* e *Corycaeus furcifer*, la cui sporadicità non permette di trarre valide considerazioni. L'ultima delle specie appartenente al gruppo dei Copepodi, l'Arpacticoide *Euterpina acutifrons* sembra non evidenziare un particolare pattern di alternanza, esibendo una presenza costante nella serie. Infine, tutte le quattro specie appartenenti al gruppo dei Cladoceri evidenziano chiare ciclicità stagionali, con presenze tipicamente primaverili-estive per *Evadne spinifera*, *Evadne tergestina* e *Penilia avirostris*, mentre *Podon polyphemoides* ha una ricorrenza annuale più dilatata nel tempo, con una presenza nel popolamento già in periodo tardo invernale.

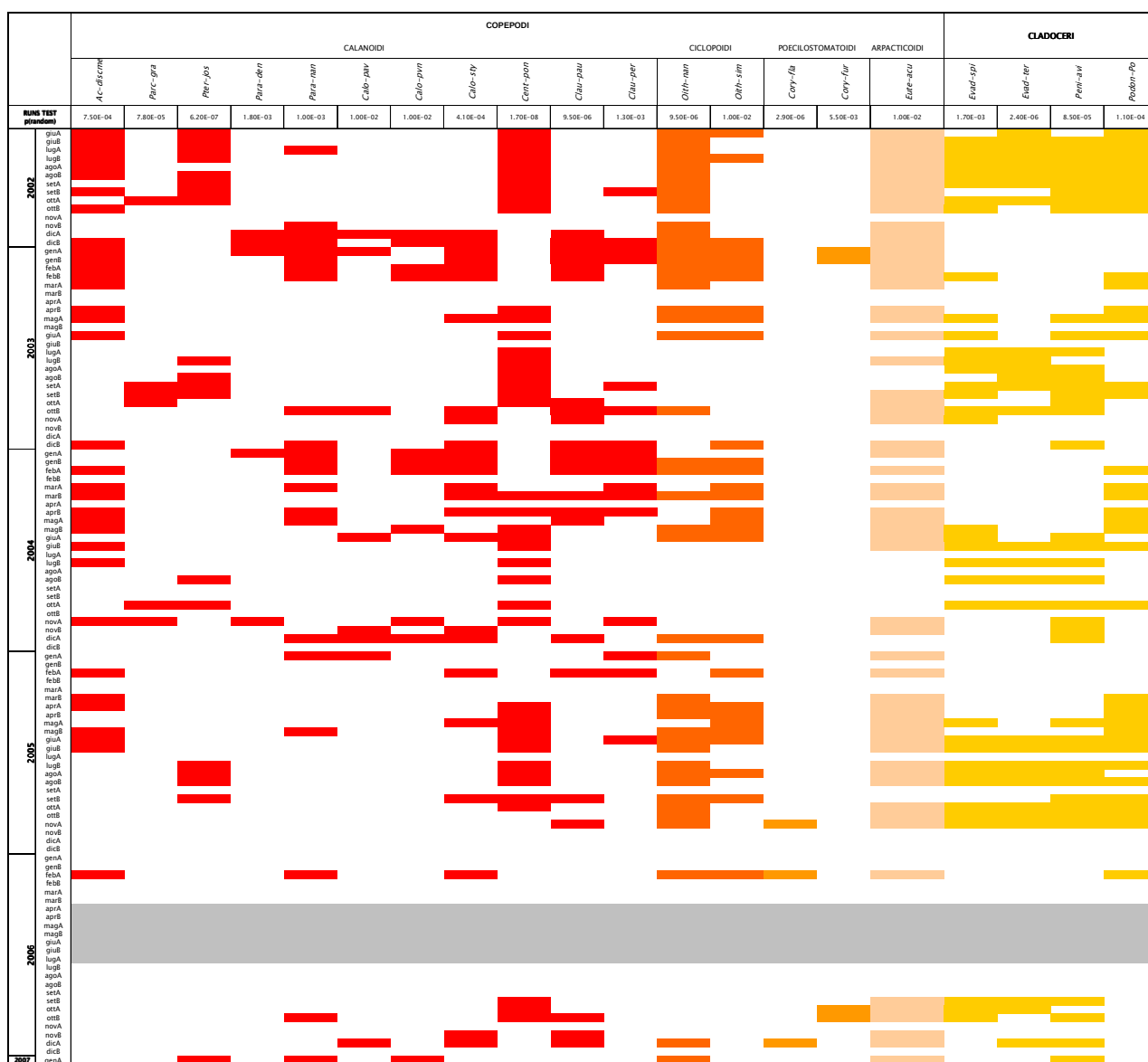


Figura 3.48. Specie con cicli non compatibili con una ipotesi di generazione casuale ($p(\text{random}) < 0,01$) secondo i Runs Test eseguiti sulla serie dei campioni di **Foce Marta**. In grigio è evidenziato il periodo di interruzione del programma di monitoraggio.

A Ladispoli è risultata significativa la ricorrenza per 14 specie (10 Copepodi e 4 Cladoceri) (Figura 3.49). Come per Foce Marta i Copepodi appartenenti alle specie *Paracartia grani* e *Pteriacartia josephinae* mostrano un chiaro *pattern* stagionale con distribuzione prettamente estiva, anche se appare evidente uno slittamento della presenza di *P. grani*, che si protrae anche nel periodo autunnale, rispetto a *P. josephinae*. Di nuovo *Calocalanus pavo* e *Calocalanus styliremis* manifestano un chiaro pattern stagionale con ricorrenza nei mesi invernali. *Centropages ponticus* mostra sempre una chiara ricorrenza primaverile-estiva, contrariamente a *Clausocalanus paululus*, presente principalmente nel periodo invernale. Anche per i Poecilostomatoidi *Corycaeus anglicus*, *Corycaeus brehemi* e *Oncaea scottodicaloi* la ricorrenza è prevalentemente invernale. Per il Ciclopoide *Oithona nana* la presenza risulta pressoché continua tutto l'anno. La situazione delle specie appartenenti al gruppo dei Cladoceri ricalca quanto già evidenziato per Foce Marta.

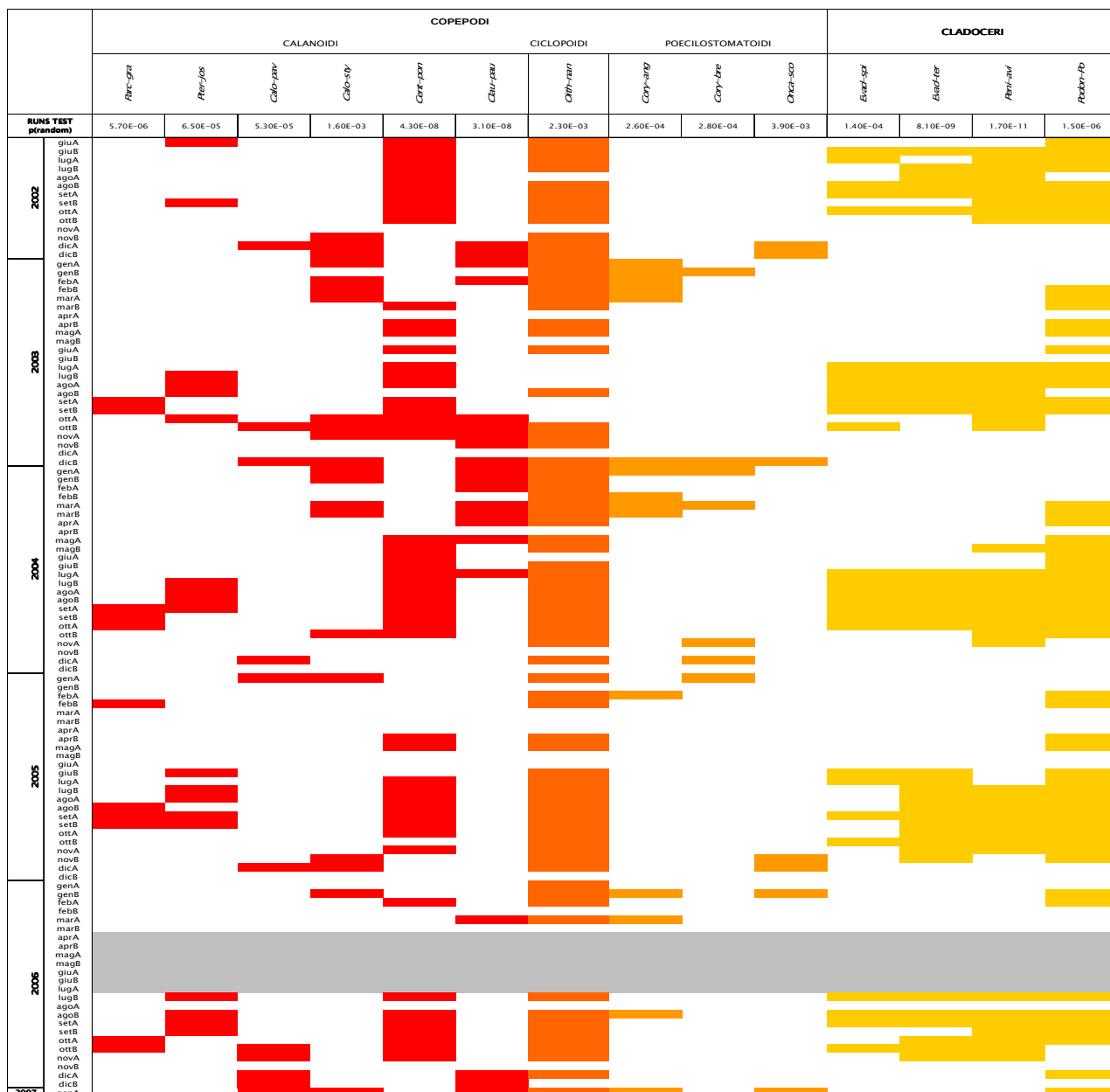


Figura 3.49. Specie con cicli non compatibili con una ipotesi di generazione casuale ($p(\text{random}) < 0,01$) secondo i Runs Test eseguiti sulla serie dei campioni di **Ladispoli**. In grigio è evidenziato il periodo di interruzione del programma di monitoraggio.

Nella stazione di Fiumicino (Figura 3.50) risulta significativa la ricorrenza non casuale per 20 specie (17 Copepodi e 3 Cladoceri). Tra queste non sono risultate significative le ricorrenze per nessuna delle specie appartenenti al gruppo delle Acartidae, mentre sono presenti quattro specie del genere *Calocalanus* (*C. elongatus*, *C. pavo*, *C. pavoninus* e *C. styliremis*), per le quali risulta sempre evidente un pattern stagionale con ricorrenza autunnale e primaverile, tranne per *C. styliremis* che occasionalmente si ritrova in periodo estivo nel 2005. Le specie del genere *Paracalanus* (*P. denudatus*, *P. nanus* e *P. parvus*) si ritrovano con ricorrenza annuale nel periodo tardo primaverile-autunnale, mostrando un

chiaro slittamento delle presenze, soprattutto per *P. denudatus* e *P. nanus*; quest'ultimo, inoltre, sebbene sia presente per buona parte dell'anno non si osserva mai nei pieni mesi estivi. Anche per le specie *Clausocalanus furcatus* e *Clausocalanus paululus*, sebbene sia chiara in entrambe una ricorrenza nei periodi autunnali ed invernali, è evidente uno slittamento che vede, in alcuni anni, la presenza della seconda protrarsi fino a primavera inoltrata. Per *Centropages ponticus* è sempre chiara una ricorrenza primaverile-estiva. Una alternanza si osserva anche per i Ciclopoidi *Oithona plumifera* e *Oithona similis*, la prima maggiormente concentrata nel periodo tardo estivo-autunnale, la seconda invernale-primaverile; mentre per *Oithona nana* la presenza risulta pressoché continua tutto l'anno. I Poecilostomatoidi *Corycaeus anglicus* e *Corycaeus brehemi* sono sempre presenti, principalmente nel periodo invernale, come pure *Corycaeus furcifer*, il cui sporadico rinvenimento è, però, limitato agli inverni del 2002 e del 2003. Anche per *Oncaea mediterranea*, si osserva una ricorrenza nei mesi autunnali ed invernali. Seppure con presenze poco frequenti, anche l'Arpacticoide *Microsetella rosea* mostra una ciclicità con ricorrenza prevalentemente invernale. Infine, le specie di Cladoceri *Evadne spinifera*, *Penilia avirostris* e *Podon polyphemoides* mostrano chiare ciclicità stagionali, con presenze tipicamente primaverili-estive per le prime due, mentre *P. polyphemoides* si ritrova anche nel periodo invernale. Per le tre specie di Cladoceri si osserva, inoltre, un chiaro slittamento delle presenze nell'intervallo di tempo, in particolare negli anni 2003, 2004 e in parte nel 2005.

A Rio Martino (Figura 3.51) sono risultate significative 21 specie (17 Copepodi e 4 Cladoceri). La maggiore assiduità di campionamento, che in questa stazione è stata possibile attuare rispetto alle altre, garantisce una migliore definizione dei pattern rivelati dalle diverse specie nel tempo. *Acartia discaudata* var. *mediterranea*, oltre a manifestare una ricorrenza estiva, si ritrova anche in periodo invernale; gli unici mesi in cui non di rinviene sono quelli autunnali. Per le specie dei generi *Calocalanus* (*C. contractus*, *C. pavoninus* e *C. pavo*) è evidente un pattern stagionale con ricorrenza autunnale e primaverile e in tutti gli anni è possibile osservare uno slittamento delle rispettive presenze, sempre con una parziale sovrapposizione. È chiara per *Centropages ponticus* la ricorrenza primaverile-estiva, che si protrae fino ad inizio autunno; la specie è sempre assente nei mesi più freddi. Anche per le specie del genere *Clausocalanus* (*C. furcatus*, *C. paululus* e *C. pergens*) oltre ad essere evidente una ricorrenza nei periodi autunnali ed

invernali, soprattutto per *C. paululus* e *C. pergens*, è ben definito lo slittamento della loro presenza.

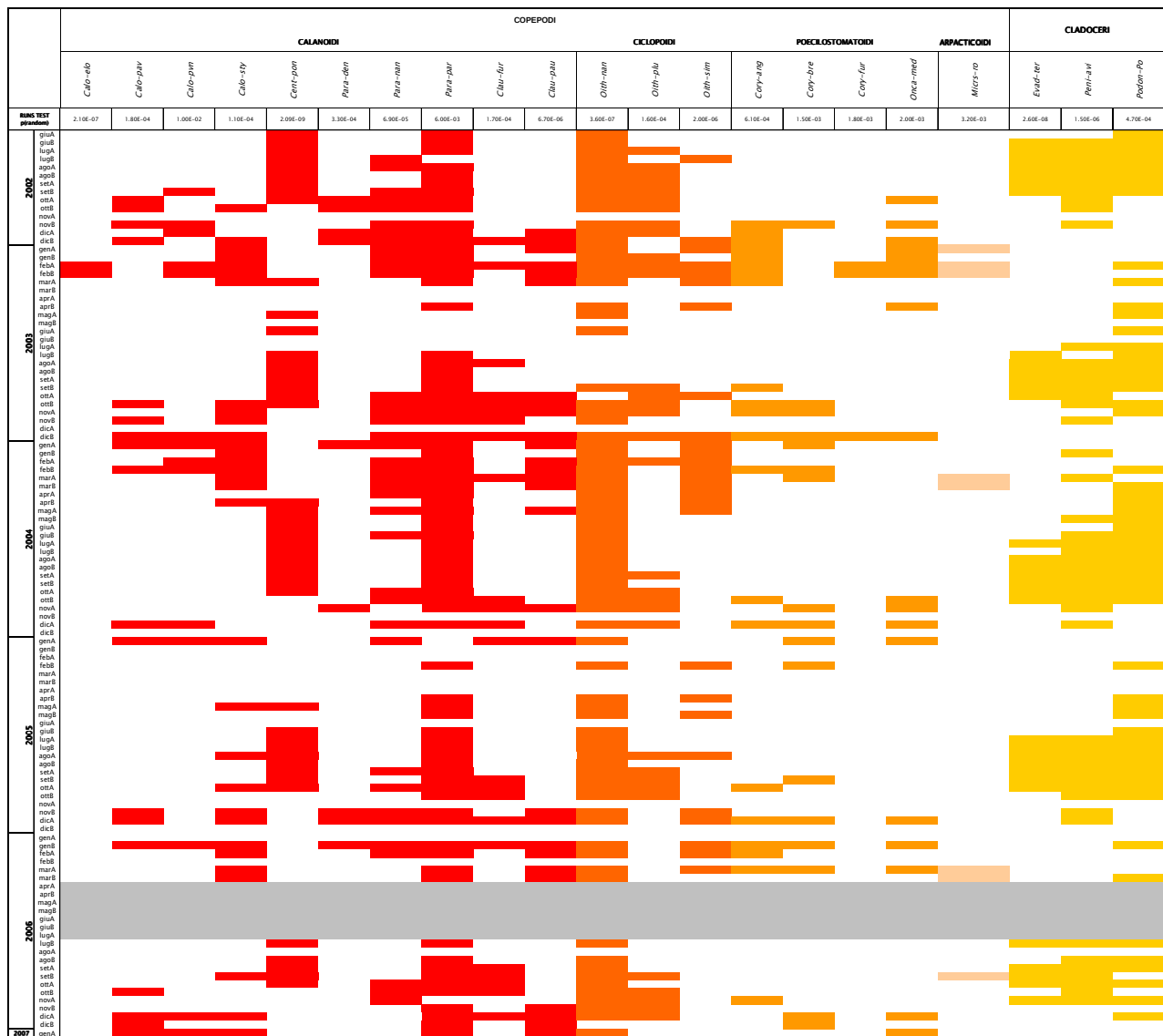


Figura 3.50. Specie con cicli non compatibili con una ipotesi di generazione casuale ($p(\text{random}) < 0,01$) secondo i Runs Test eseguiti sulla serie dei campioni di **Fiumicino**. In grigio è evidenziato il periodo di interruzione del programma di monitoraggio.

Paracalanus nanus è generalmente rinvenibile tutto l'anno, ma in tutta la serie non si ritrova mai nei mesi più caldi. Netta risulta l'alternanza nelle presenze dei Ciclopoidi *Oithona plumifera* e *Oithona similis*, la prima reperibile soprattutto in periodo estivo ed autunnale, la seconda in inverno e primavera, mentre la presenza di *Oithona setigera* è poco definibile, in quanto si ritrova solo in due occasioni, a marzo del 2004 e gennaio del 2007. Uno slittamento delle presenze è evidente anche per i Poecilostomatoidi del genere

Corycaeus (*C. brehemi*, *C. giesbrechti* e *C. latus*), in particolare per le prime due; le tre specie risultano assenti solo nel periodo invernale inizio-estivo. Le quattro specie di Cladoceri mostrano sempre un chiaro pattern stagionale, principalmente estivo-autunnale per *Evadne tergestina*, *E. spinifera* e *Penilia avirostris*, mentre *Podon polyphemoides* è presente anche in inverno.

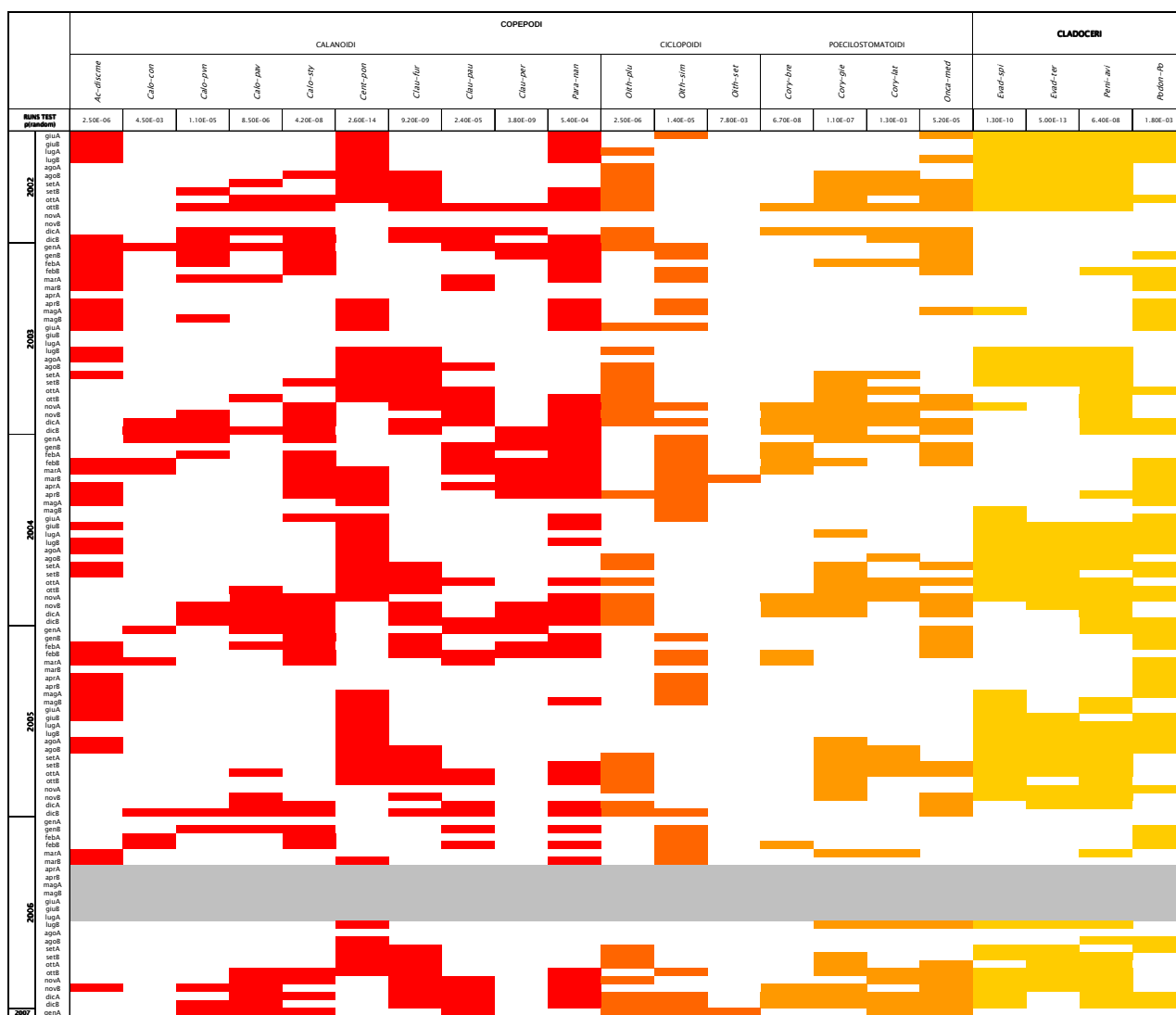


Figura 3.51. Specie con cicli non compatibili con una ipotesi di generazione casuale ($p(\text{random}) < 0,01$) secondo i Runs Test eseguiti sulla serie dei campioni di **Rio Martino**. In grigio è evidenziato il periodo di interruzione del programma di monitoraggio.

Nella stazione di Monte d'Argento (Figura 3.52) sono risultate significative solo 12 specie (9 Copepodi e 3 Cladoceri). *Acartia discaudata* var. *mediterranea* manifesta una ricorrenza meno definita rispetto agli altri siti; non si ritrova nei mesi autunnali nel 2002, estivi nel 2003 ed invernali nel 2004, autunnali nel 2005 ed estivo-autunnali nel 2006. *Calocalanus*

styliremis evidenzia tutti gli anni un pattern prettamente invernale, come pure *Clausocalanus paululus*, al contrario di *Centropages ponticus* le cui presenze sono tardo-primaverili fino ad inizio autunno. Il *pattern* di *Paracalanus parvus* è meno chiaro, essendo una specie presente quasi tutto l'anno, come pure il Ciclopoide *Oithona nana*, mentre *Oithona similis* manifesta un pattern prettamente invernale. Il Poecilostomatoide *Corycaeus brehemi* è presente nei mesi invernali solo degli anni 2002, 2003, 2004, ed il congenerico *C. typicus* è presente una sola volta nel inverno del 2004. Per i Cladoceri *Evadne tergestina*, *E. spinifera* e *Penilia avirostris* il *pattern* è sempre primaverile-estivo, tranne la presenza occasionale nei mesi autunnali ed invernali di *P. avirostris*.

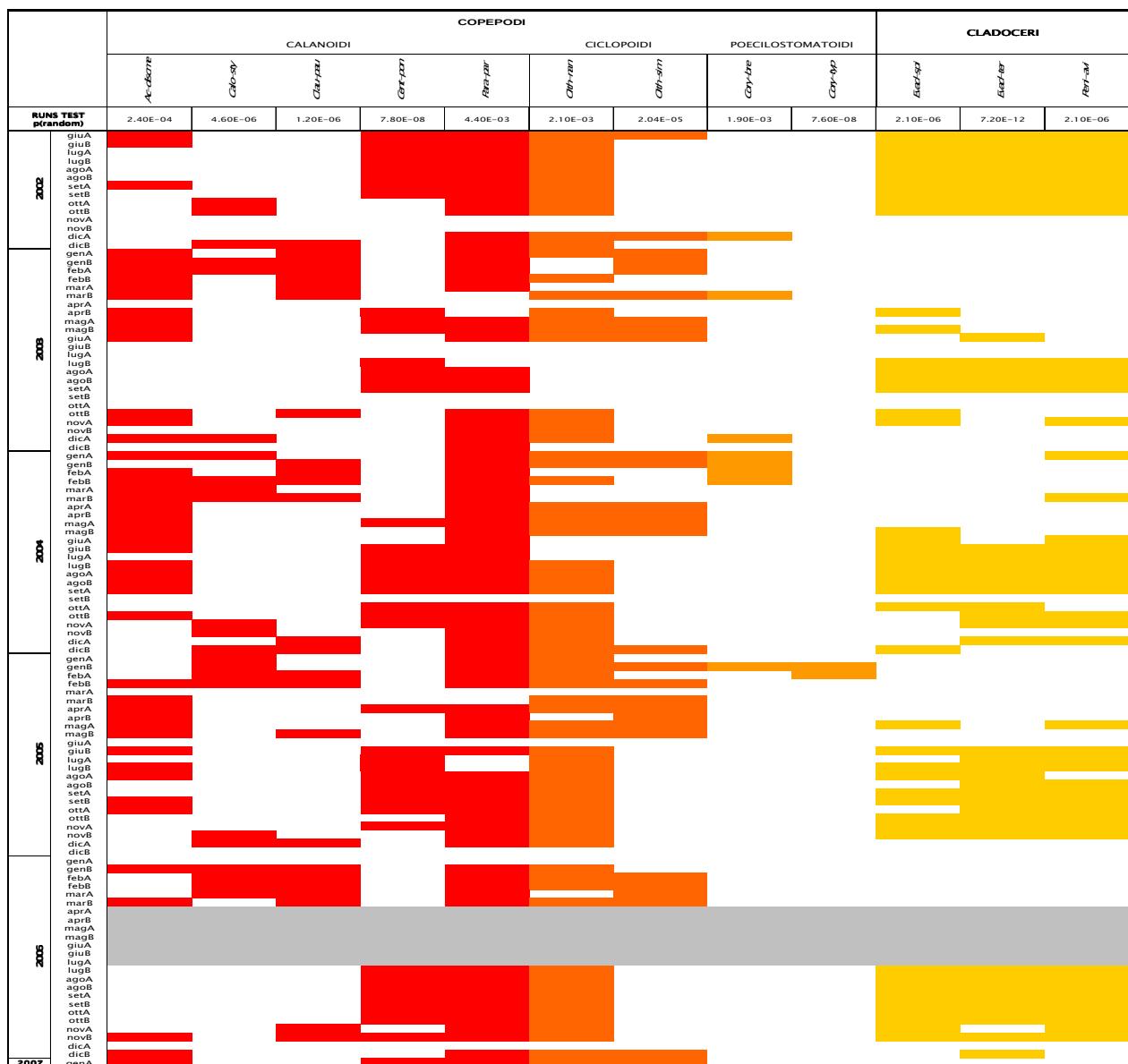
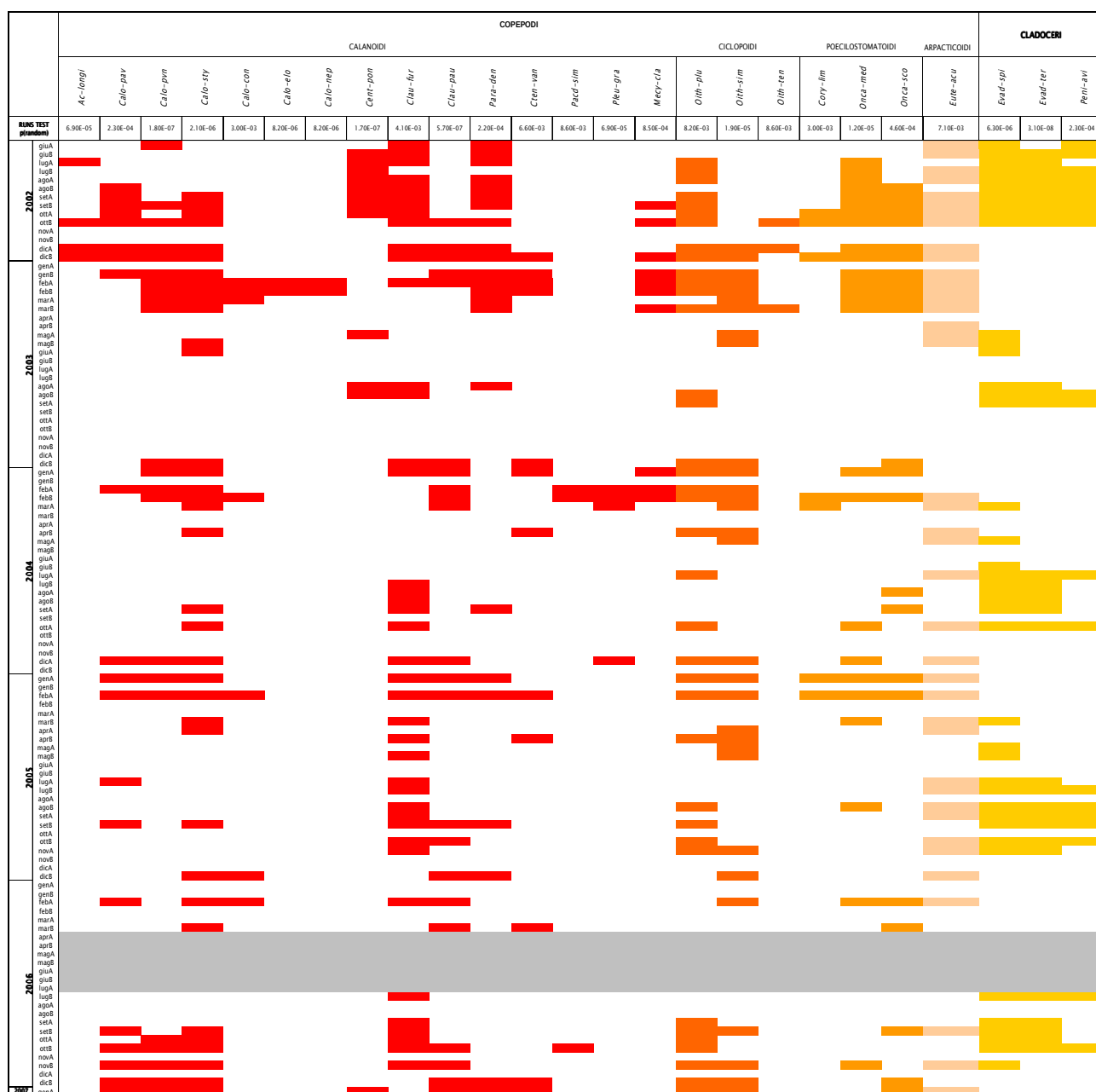


Figura 3.52. Specie con cicli non compatibili con una ipotesi di generazione casuale ($p(\text{random}) < 0,01$) secondo i Runs Test eseguiti sulla serie dei campioni di **Monte d'Argento**. In grigio è evidenziato il periodo di interruzione del programma di monitoraggio.

Nel sito di Zannone (Figura 3.53), nonostante sia segnato da molti dati mancanti, per la difficoltà di campionamento rispetto alle altre stazioni, sono risultate significative 25 specie (24 Copepodi e 3 Cladoceri). *Acartia longiremis* è stata rinvenuta solo nel primo anno di campionamento, come pure *Calocalanus elongatus* e *Calocalanus neptunus*, mentre per gli altre *Calocalanus* (*C. pavoninus*, *C. pavo*, *C. styliremis* e *C. contractus*) è riconoscibile un pattern stagionale ripetuto negli anni, caratterizzato da assenze principalmente nei mesi primaverili ed estivi. *Centropages ponticus* si ritrova solo nei mesi estivi del 2002 e sporadicamente nel 2003. Per i *Clausocalanus furcatus* e *paululus*, mentre è riconoscibile nel secondo un pattern invernale, non sembra evidente una definizione degli andamenti per il primo, le cui assenze prolungate sono ascrivibili soprattutto al periodo tardo invernale-inizio estivo. Non facile è anche la definizione della ricorrenza di *Paracalanus denudatus* che, tra l'altro, sembra ridurre la sua presenza nel tempo. *Ctenocalanus vanus* si ritrova sempre nei mesi invernali, anche se con presenze sporadiche. *Paracandacia simplex* è presente occasionalmente negli inverni del 2003 e del 2006, mentre *Pleuromamma gracilis* è stata rinvenuta solo in tardo inverno ed autunno del 2004. *Mecynocera clausi*, oltre ad una presenza discreta nel periodo autunno-primavera tra il 2002-2003 ed occasionale nell'inverno del 2004, non è stata più ritrovata negli anni successivi. I Ciclopoidi *Oithona plumifera* e *Oithona similis* mostrano una distribuzione simile alle stazioni costiere, la prima presente soprattutto in periodo estivo ed autunnale e talvolta in inverno, in sovrapposizione con la seconda, il cui periodo di permanenza si protrae anche in primavera. *Oithona tenuis* è stata ritrovata occasionalmente solo tra l'autunno del 2002 e la primavera del 2003. Il Poecilostomatiode *Corycaeus limbatus* si osserva sporadicamente nei primi anni di monitoraggio (2002-2004) e non manifesta una particolare ricorrenza; mentre *Oncaea media* e *Oncaea scottodicaloi* sono sempre presenti, anche se con frequenze minori negli e mostrano in alcuni casi una alternanza (nel 2004 e 2006). L'Arpacticoide *Euterpina acutifrons* è presente quasi sempre, tranne tra l'estate e la primavera del 2003-2004. Per i Cladoceri *Evadne tergestina*, *E. spinifera* e *Penilia avirostris* vale quanto descritto anche per le stazioni costiere, con una maggiore predilezione per i mesi prettamente estivi per le seconde due.



3.4.4. SIMPER (Similarity Percentage)

I *taxa* che contribuiscono maggiormente al differenziamento delle comunità nei diversi siti di campionamento sono stati evidenziati mediante la procedura SIMPER (Similitary Percentage), che prevede l'uso del coefficiente di distanza di Bray-Curtis come misura implicita del sistema.

I dati di abbondanza delle diverse serie sono stati prima confrontati a coppie e infine è stato elaborato il pool di tutti i campioni contemporaneamente. Nella tabella 3.6 sono riportate le specie con un contributo percentuale alla dissimilarità >5%.

Tra i *taxa* significativi si ritrovano principalmente stadi giovanili di Copepodi molto comuni (*Clausocalanus*, *Paracalanus*, Acartidae), come lo sono pure le specie di Cladoceri *Penilia avirostris* e *Podon polyphemoides*, le Appendicolarie o le larve di alcuni gruppi meroplanctonici (Cirripedi, Lamellibranchi). In particolare, i *Clausocalanus* sono responsabili delle differenze di ogni singola stazione rispetto a Zannone (LTF), con contributi alla dissimilarità dal 6 all'8,15%. Il valore di dissimilarità più elevata si osserva tra le stazioni di Ladispoli (RMB) e Zannone (LTF), il più basso tra Foce Marta (VTA) e Ladispoli (RMB).

Stazioni	VTA- RMB	VTA- RMC	VTA- LTD	VTA- LTE	VTA- LTF	RMB- RMC	RMB- LTD	RMB- LTE	RMB- LTF	RMC- LTD	RMC- LTE	RMC- LTF	LTD- LTE	LTD- LTF	LTE- LTF	Tutte le stazioni
Dissimilarità	80.11	80.45	79.34	82.95	83.59	79.43	79.97	82.43	87.00	79.36	81.93	84.81	82.40	84.20	85.22	82.04
Acartidae yuv	6.12	6.85	5.63	7.57	5.05	7.05	5.77	7.88	6.13	6.41	8.88	6.74	7.11	5.34	7.40	6.73
Clausocalanus spp yuv					7.30				6.38			<u>7.58</u>		6.00	<u>8.15</u>	
Paracalanus spp yuv	<u>9.00</u>	<u>10.22</u>	<u>9.85</u>	<u>10.80</u>	<u>10.94</u>	6.35	<u>7.24</u>	6.83	6.07	<u>8.20</u>	7.75	7.08	<u>8.60</u>	<u>8.40</u>	7.80	<u>8.26</u>
Penilia avirostris			5.09		5.32											
Podon polyphemoides	6.30	6.03		7.49		<u>8.64</u>	5.70	<u>10.30</u>	6.65	5.29	<u>10.50</u>	6.55	6.75		7.78	6.58
Appendicolarie indet		5.29	5.06	5.00		6.58	5.94	6.49	5.64	6.14	7.12	6.36	6.68	6.60	5.12	5.88
Cirripedi larve indet	6.65					7.79	5.47	7.33	<u>8.05</u>							
Lamellibranchi larve indet	5.37		5.58	5.19		5.41	6.55	6.87	6.09	5.67	5.19		6.71	6.28	5.47	5.49
% cumulativa	133.20	139.30	130.70	147.20	93.30	144.80	167.60	207.70	216.90	128.10	159.40	124.80	135.60	124.20	184.50	128.20

Tabella 3.6. Risultati della procedura SIMPER sui dati di abbondanza delle diverse stazioni confrontate a coppie e come pool unico (tutte le stazioni insieme). Sono state riportate le specie con contributi percentuali alla dissimilarità >5% nei singoli confronti. Sono sottolineati i valori di dissimilarità più elevati per ogni singola analisi. VTA (Foce Marta), RMB (Ladispoli), RMC (Fiumicino), LTD (Rio Martino), LTE (Monte d'Argento) e LTF (Zannone).

La significatività delle differenze tra tutte le stazioni è stata, infine, testata attraverso l'analisi delle similarità (ANOSIM), test basato supermutazioni delle matrici di distanza o similarità che valuta la significatività delle differenze tra gruppi, basato sul confronto dei

ranghi medi delle distanze tra i diversi gruppi e all'interno dei gruppi stessi, calcolate in questo caso mediante il coefficiente di Bray-Curtis.

La differenza complessiva fra le stazioni è risultata significativa ($R=0.1361$, $p<0.0001$, vedi Tabella 3.7). Nella tabella sono mostrati anche i valori della statistica R per i singoli confronti a coppie ed i valori di p ad essi associati. Questi valori, che mostrano una differenza massima fra Ladispoli e Zannone, devono comunque essere considerati come indicativi, a meno di non applicare la correzione di Bonferroni per i test a coppie non indipendenti. Tuttavia, a causa dell'elevato numero di confronti a coppie, la correzione di Bonferroni penalizzerebbe in maniera elevata i valori di p non nulli, lasciando quelli nulli inalterati e quindi si è preferito non applicare tale correzione e considerare come puramente indicativi i valori di R e di p per i confronti a coppie. Si tenga presente che ciò dipende dalla natura stessa dei test basati su permutazioni, che possono effettivamente generare dei valori di p nulli, cosa evidentemente non possibile nel caso di test parametrici.

Valori di R							Valori di p						
	VTA	RMB	RMC	LTD	LTE	LTF		VTA	RMB	RMC	LTD	LTE	LTF
VTA	0.0000						VTA	0.000	0.000	0.001	0.005	0.020	0.000
RMB	0.0753						RMB		0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
RMC	0.0472	0.0275					RMC			0.000	0.000	0.002	0.000
LTD	0.0466	0.0871	0.0718				LTD				0.000	0.000	0.000
LTE	0.0317	0.0544	0.0331	0.1053			LTE					0.000	0.000
LTF	0.2871	0.4736	0.3577	0.3617	0.2065	0.0000	LTF						0.000
R: 0.1361													
p(same):< 0.0001													
10000 permutazioni													
Coefficiente di distanza di Bray-Curtis													

Tabella 3.7. Risultati ANOSIM condotta sui dati di abbondanza dell'insieme di tutte le stazioni.

3.5. Classificazione

Per ogni serie temporale è stata effettuata una classificazione mediante clustering gerarchico per la identificazione di gruppi omogenei di campioni in ogni sito e la successiva caratterizzazione di ognuno di essi sulla base delle associazioni di specie che lo distinguono (vedi par. 3.1.9).

L'elaborazione è stata condotta sui dati originali di abbondanza, utilizzando la misura di distanza di Bray-Curtis e l'algoritmo di aggregazione UPGMA.

Il dendrogramma relativo alla serie di Foce Marta (Figura 3.54) separa allo 0,2 di similarità tre gruppi principali A, B, C; quest'ultimo è stato ulteriormente suddiviso in tre sottogruppi, C1, C2 e C3.

Anche per Ladispoli sono stati separati in totale cinque gruppi (Figura 3.55): A, suddiviso in A1, A2 e A3, B e C all'incirca allo stesso valore di similarità.

Per la stazione di Fiumicino (Figura 3.56) sono stati separati due gruppi a circa 0,1 di similarità, A e B, quest'ultimo suddiviso in B1, B2, B3, B4, B5.

Più complicata è la situazione di Rio martino (Figura 3.57), in cui sono stati selezionati in totale sei gruppi di cui due come sottogruppi di A (A1 e A2) e B (B1 e B2), separati a circa 0,2 di similarità e, con valori di similarità più bassa (0,1 circa), C e D.

Per la stazione di Monte d'Argento (Figura 3.58) sono stati separati due gruppi a circa 0,1 di similarità, A e B, entrambi suddivisi in tre sottogruppi, A1, A2, A3 e B1, B2, B3.

Infine, Zannone (Figura 3.59) sono stati separati due gruppi a circa 0,2 di similarità, A e B, quest'ultimo suddiviso in B1, B2, B3, B4, B5.

I gruppi di campionamenti separati dalla clusterizzazione evidenziano una generale connotazione di carattere stagionale.

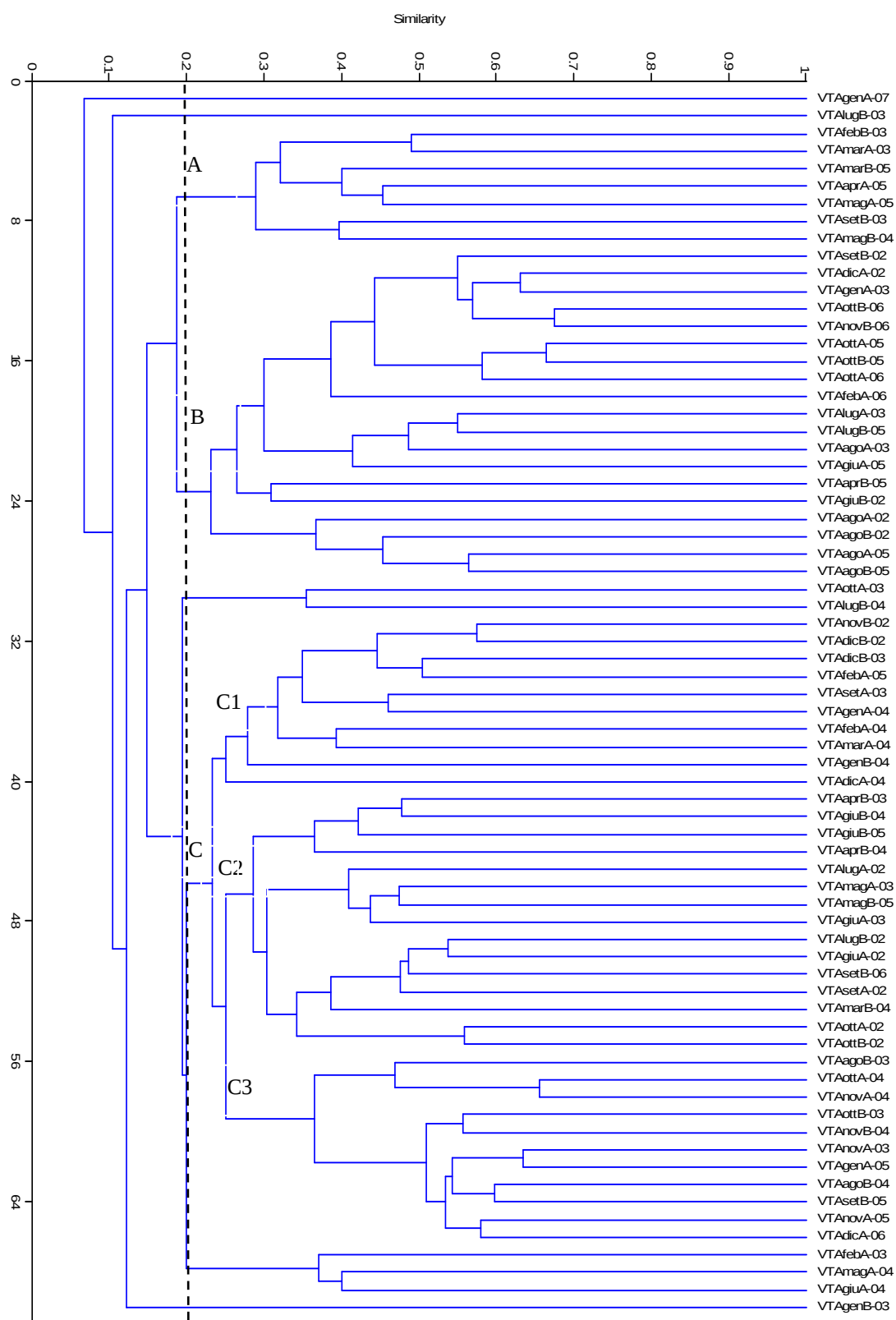


Figura 3.54. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Foce Marta (VTA).

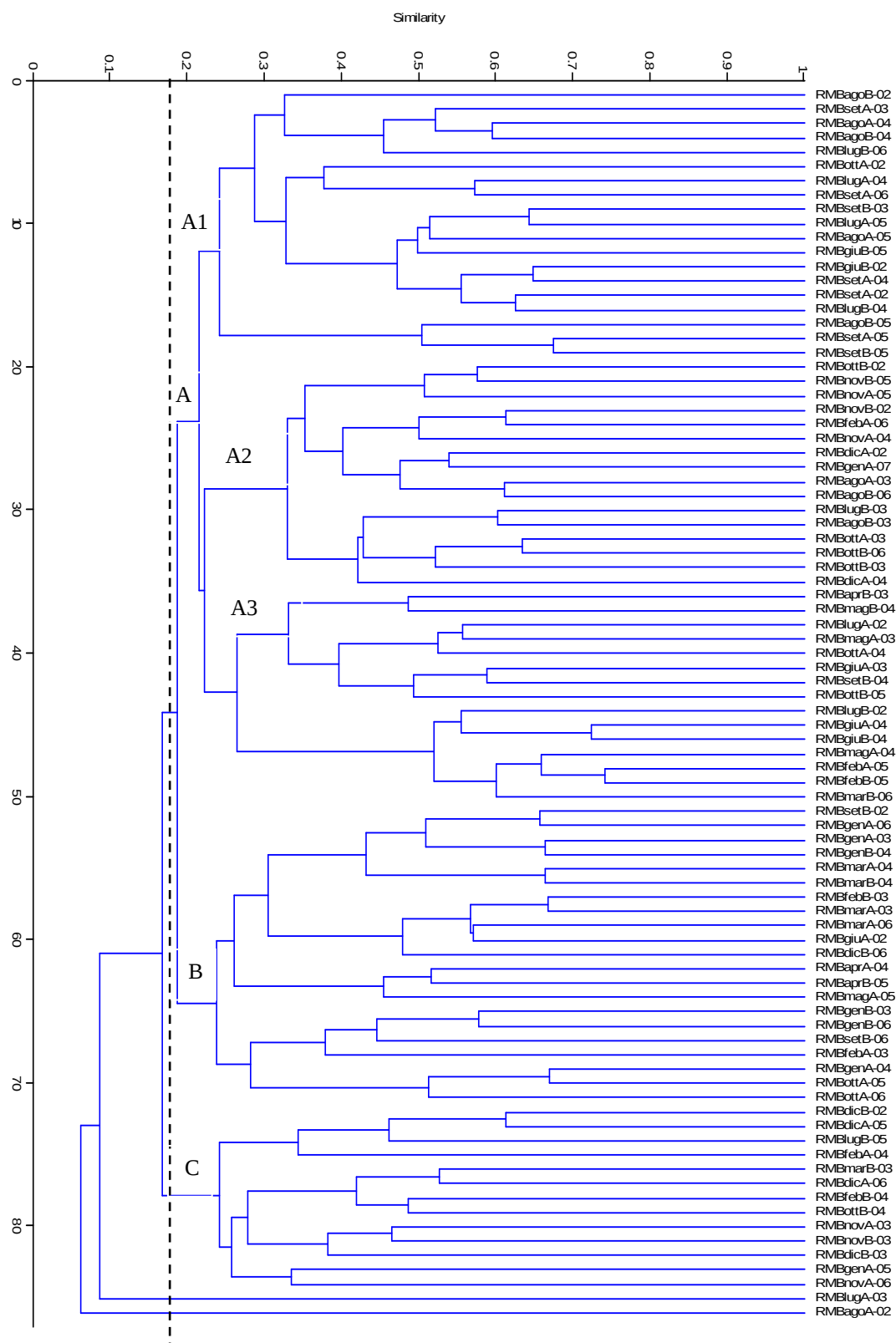


Figura 3.55. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Ladispoli (RMB).

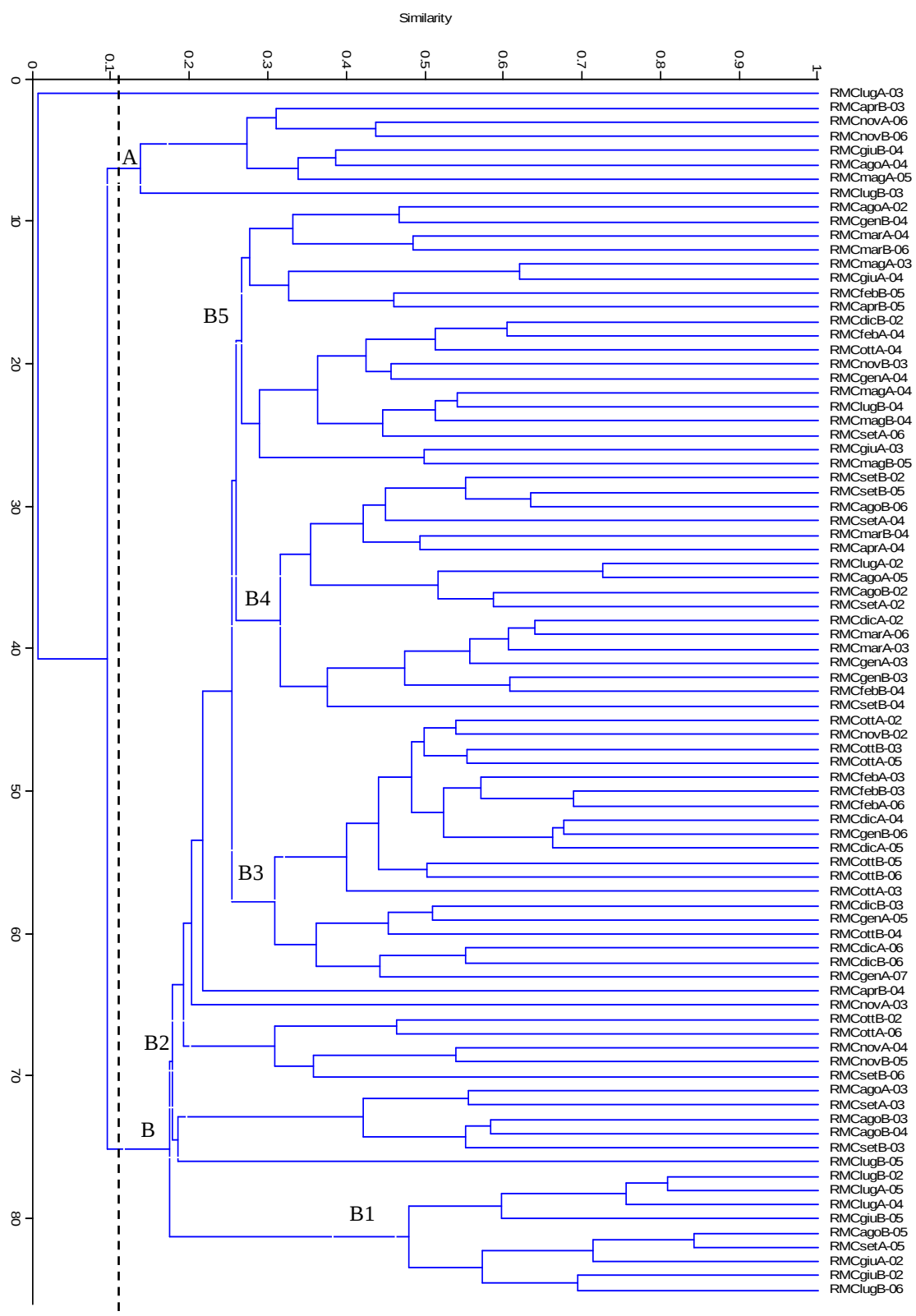


Figura 3.56. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Fiumicino (RMC).

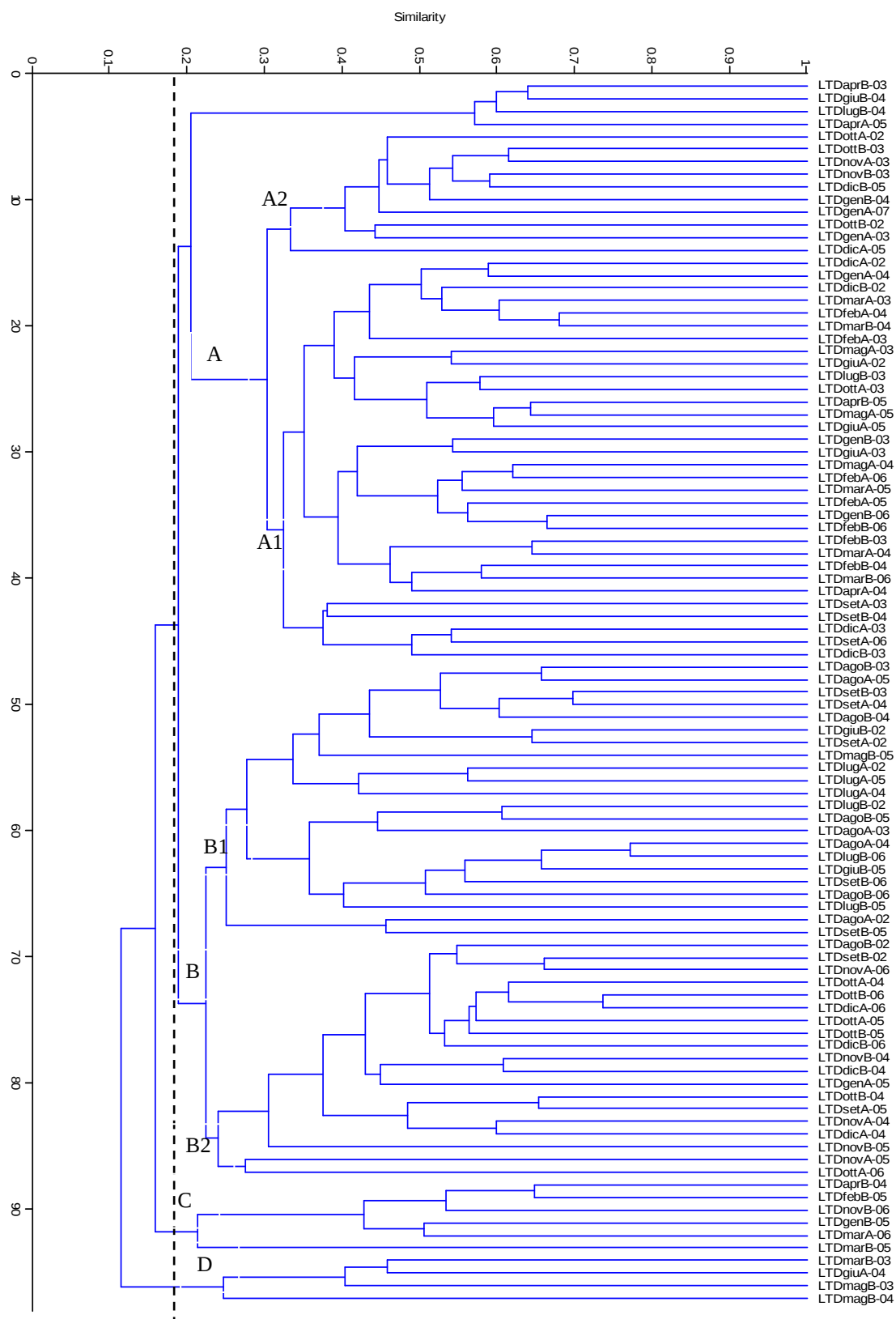


Figura 3.57. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Rio Martino (LTD).

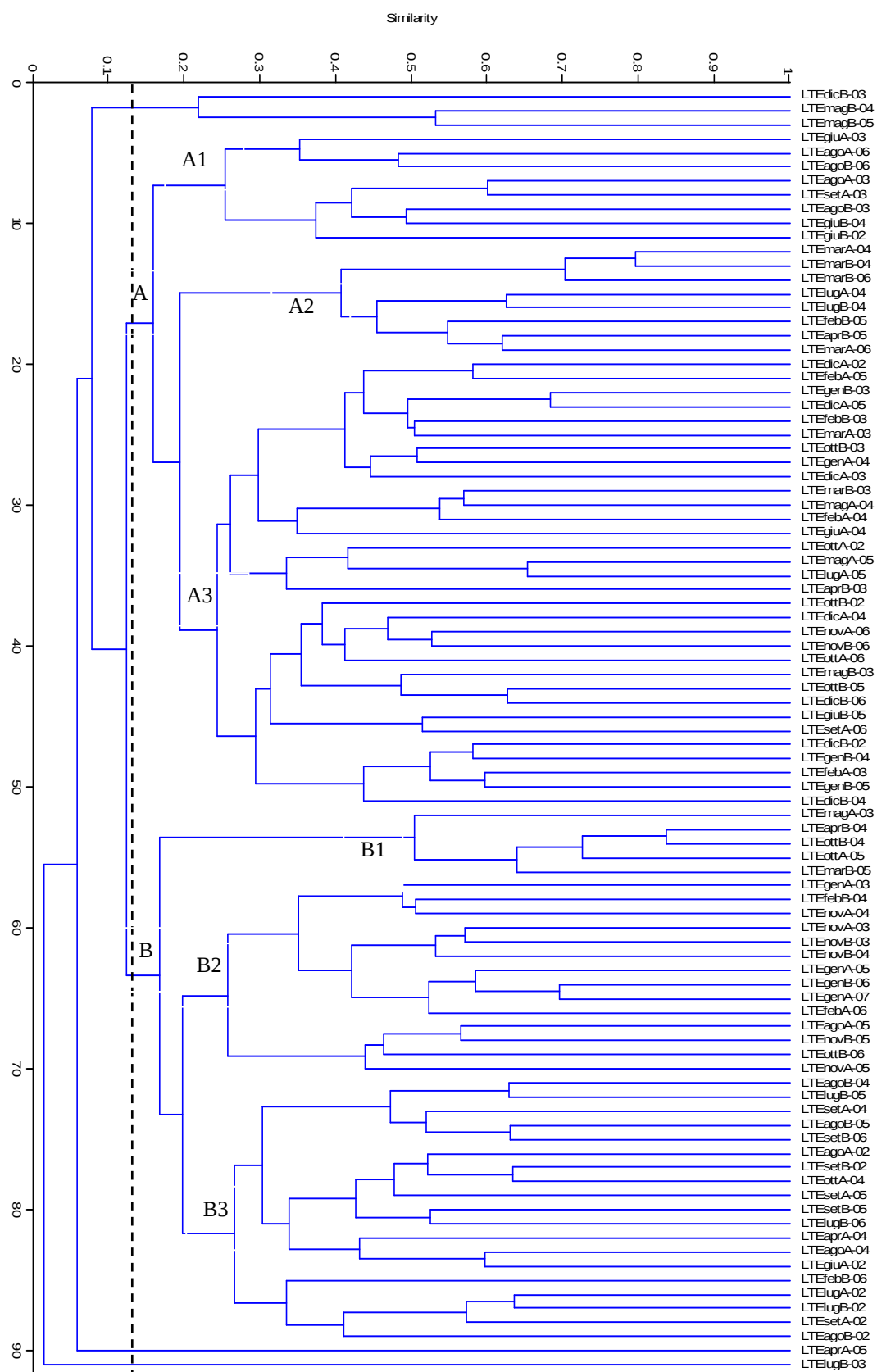


Figura 3.58. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Monte d'Argento (LTE).

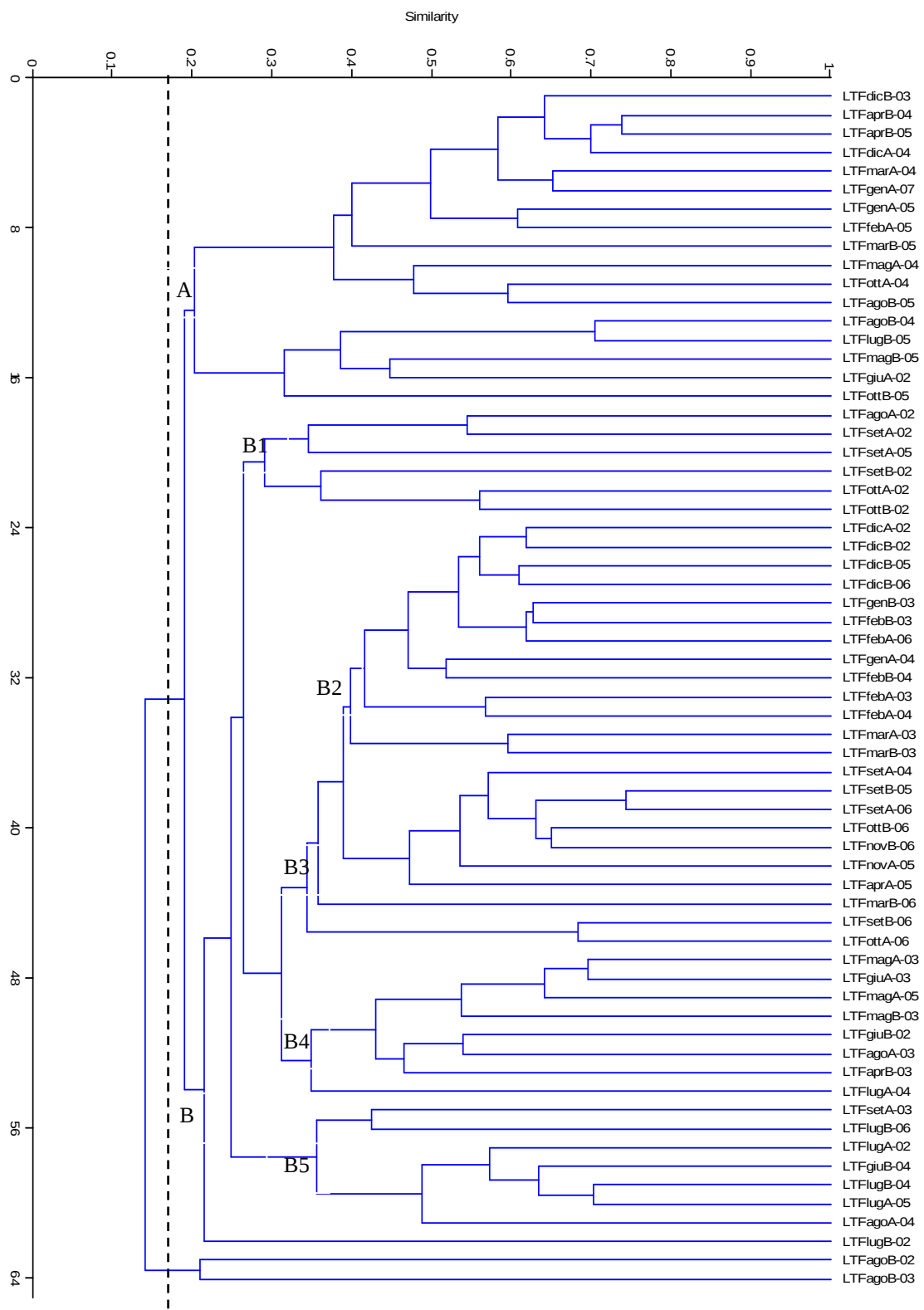


Figura 3.59. Dendrogramma, elaborato mediante l'indice di Bray-Curtis, relativo ai dati di abbondanza della serie di Zannone (LTF).

3.6. Associazioni di specie

Un'Indicator Species Analysis (ISA) (Dufrene & Legendre, 1997) è stata utilizzata sia per individuare i *taxa* più caratterizzanti dei gruppi definiti all'interno delle serie mediante Clustering gerarchico, sia per confrontare le diverse serie tra loro. L'ISA consente di valutare il valore delle singole specie come indicatori di particolari condizioni che caratterizzano un gruppo di osservazioni. La procedura di calcolo combina le informazioni relative alla densità delle specie con quelle relative alla costanza della loro presenza in un gruppo di osservazioni, restituendo per ogni gruppo di osservazioni un valore indicatore (*indicator value* o INDVAL). Sono stati selezionati i *taxa* per cui i valori indicatori non erano compatibili con una distribuzione omogenea fra i gruppi di campioni per un livello di probabilità $p < 0.05$.

In tabella 3.8 sono riportati i valori indicatori (INDVAL) risultati significativi per i gruppi separati nella clusterizzazione della serie di Foce Marta. Per il gruppo C2, caratterizzato da campioni prevalentemente primaverili ed estivi, nessuno dei *taxa* selezionati è risultato significativo. La maggior parte dei campioni del gruppo B sono estivi ed autunnali: per questo gruppo la maggiore specificità è espressa dai Cladoceri *Evadne spinifera*, *E. tergestina* e *Podon polyphemoides*. Il gruppo C1 è definito da campioni prettamente invernali ed è caratterizzato da specie del genere *Clausocalanus*, sia giovanili che adulti (*C. lividus*, *C. paululus* e *C. pergens*), e da *Paracalanus nanus*. La maggior parte dei *taxa* i cui valori di INDVAL sono risultati significativi appartengono al gruppo A, caratterizzato principalmente da campioni primaverili: tra i Copepodi si osservano giovanili di Acartidae, Pontellidae, *Centropages* ed *Isias*, quindi le specie *Acartia discaudata* var. *mediterranea*, *Euterpina acutifrons*, *Labidocera wollastoni*, *Oncaea curta* e *Temora stylifera*, infine il Cladocero *Podon polyphemoides* ed il gruppo delle Idromeduse. Un solo *taxa*, le larve di Tunicati, caratterizza il gruppo C3, composto principalmente da campioni autunnali ed invernali.

Per la serie di Ladispoli in cui si separano cinque gruppi, i *taxa* con valori indicatori (INDVAL) risultati significativi sono riportati in tabella 3.9. Il primo (B) è costituito principalmente da campioni tardo invernali, primaverili ed autunnali e sono diversi i *taxa* selezionati risultati significativi, tra cui molte specie di Copepodi (*Acartia clausi* e *A. discaudata* var. *mediterranea*, insieme alle forme giovanili; *Calocalanus pavo*; *Clausocalanus mastigophorus*; *Corycaeus anglicus* e *C. typicus*; *Euterpina acutifrons*) insieme a larve di Gasteropodi e Policheti.

Foce Marta (VTA)	GRUPPI					
	C2	B	C1	A	C3	p (<0,05)
	INDVAL					
Acartidae yuv	5	7	1	83	3	0
Acartia discaudata var medit.	11	5	0	51	0	0.019
Centropages yuv	4	7	1	73	2	0.007
Clausocalanus yuv	4	18	53	10	9	0.005
Clausocalanus lividus	0	0	24	4	0	0.041
Clausocalanus paululus	1	5	35	0	6	0.012
Clausocalanus pergens	6	1	37	0	2	0.029
Euterpina acutifrons	17	29	2	43	4	0.023
Isias yuv	0	5	0	41	12	0.025
Labidocera wollastoni	1	0	0	23	0	0.041
Oncaea curta	0	4	0	30	0	0.01
Paracalanus nanus	0	8	43	0	1	0.009
Paracalanus parvus	4	59	3	17	11	0
Pontellidae yuv	3	15	3	38	12	0.045
Temora stylifera	1	0	2	20	0	0.048
Evadne spinifera	2	63	0	1	0	0.008
Evadne tergestina	3	63	0	0	0	0.003
Penilia avirostris	1	66	0	0	0	0.007
Podon polyphemoides	8	4	0	85	0	0
Idromeduse indet	8	5	1	70	1	0.003
Tunicati larve indet	16	4	0	0	31	0.019

Tabella 3.8. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di **Foce Marta**. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

Nel gruppo C, composto da campioni prevalentemente invernali, si osserva solo il genere *Calocalanus* spp, mentre per il gruppo A1, con campioni principalmente estivi, sono risultate significative diverse specie di Copepodi adulti (*Centropages ponticus*, *Paracartia grani*, *Pteriacartia josephinae* e *Temora stylifera*) insieme ad Arpacticoidi e Monstrilloidi indeterminati, e giovanili di *Centropages*; sono, inoltre, significative tutte le specie di Cladoceri e le larve di Cirripedi. Nel gruppo A3 sono stati separati insieme campioni primaverili, estivi ed autunnali e l'unico *taxon* con valori INDVAL significativi risulta quello dei Lamellibranchi con le forme larvali. Infine, nel quinto gruppo (A2), composto da campioni estivi ed autunnali si osservano specie di Copepodi adulti (*Clausocalanus furcatus*, *Corycaeus giesbrechti*, *Oithona plumifera*, *Paracalanus parvus*) e giovanili di *Paracalanus* e di *Temora*, insieme al gruppo dei Chetognati.

La serie di Fiumicino ha visto separarsi sei gruppi principali: B1, tipicamente estivo è costituito solo dalla specie *Podon polyphemoides* come specie significativa, il secondo (B4) ha campioni primaverili, tardo estivi ed autunnali ed è caratterizzato da Copepodi (giovanili di Acartidae e *Cyclopina*, *Euterpina acutifrons*, *Isias clavipes* e *Oithona* spp)

insieme ai naupli indeterminati e alle larve di Policheti. Il gruppo B5 è composto da campioni misti e non vede associato alcun *taxon* con valori INDVAL significativi, così come per il gruppo B2, composto da campioni misti primaverili ed estivi. Il gruppo B3 è costituito principalmente da gruppi invernali e i *taxa* significativi risultano le specie di Copepodi (*Calocalanus pavoninus* e *C. pavo*, *Corycaeus anglicus*, *Farranula* spp, *Oncaea media* e *Oncaea* spp) insieme a molti giovanili (Calanidae, *Calocalanus*, *Clausocalanus*, *Mecynocera* e *Sapphirina*); risulta, inoltre, significativa la presenza dei Chetognati. Infine, nel gruppo A (estivo-primaverile) si osservano i Copepodi *Centropages ponticus*, *Paracalanus parvus*, con i giovanili ed i Cladoceri *Evadne tergestina* e *Penilia avirostris*, insieme ai gruppi dei Chetognati e delle Idromeduse (Tabella 3.10).

Ladispoli (RMB)	GRUPPI					
	B	C	A1	A3	A2	
	INDVAL					p (<0,05)
Acartidae yuv	69	6	8	8	9	0
<i>Acartia clausi</i>	68	1	9	17	5	0.006
<i>Acartia discaudata</i> var <i>medit.</i>	62	3	6	26	3	0.012
<i>Calocalanus</i> spp	11	65	0	0	25	0.008
<i>Calocalanus pavo</i>	73	27	0	0	0	0.032
<i>Centropages</i> yuv	29	1	51	6	12	0
<i>Centropages ponticus</i>	10	0	74	6	9	0
<i>Clausocalanus furcatus</i>	2	27	12	15	44	0.015
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	100	0	0	0	0	0.036
<i>Corycaeus anglicus</i>	72	14	0	2	12	0
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	8	9	2	4	77	0.002
<i>Corycaeus typicus</i>	91	9	0	0	0	0.03
<i>Euterpina acutifrons</i>	52	4	11	10	22	0.021
Arpacticoidi indet	7	1	78	10	3	0
Monstrilloidi indet	0	7	72	21	0	0.013
<i>Oithona plumifera</i>	13	29	4	6	47	0.018
<i>Oithona</i> spp	48	18	6	14	14	0.028
<i>Paracalanus</i> yuv	34	4	8	8	46	0.006
<i>Paracalanus parvus</i>	35	4	10	11	41	0.035
<i>Parcartia grani</i>	10	0	80	9	1	0.015
<i>Pteriacartia josephinae</i>	3	0	85	0	11	0
<i>Temora</i> yuv	12	8	20	5	55	0.04
<i>Temora styliremis</i>	0	1	71	0	28	0.021
<i>Evadne spinifera</i>	0	0	60	4	36	0
<i>Evadne tergestina</i>	3	3	83	2	10	0
<i>Penilia avirostris</i>	3	1	67	3	26	0
<i>Podon polyphemoides</i>	16	1	77	3	3	0
Chetognati indet	20	6	7	9	59	0
Gasteropodi larve indet	85	5	2	1	7	0
Cirripedi larve indet	16	1	62	13	8	0.005
Lamellibranchi larve indet	28	3	20	45	4	0.009
Policheti larve indet	85	1	4	2	7	0

Tabella 3.9. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di Ladispoli. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

Fiumicino (RMC)	GRUPPI						p (<0,05)
	B1	B4	B5	B3	B2	A	
	INDVAL						
Acartidae yuv	3	65	17	6	2	7	0
Calanidae yuv	0	15	28	58	0	0	0.001
Calocalanus yuv	0	22	20	48	1	8	0.003
Calocalanus pavoninus	0	3	7	48	0	42	0.008
Calocalanus pavo	0	30	12	58	0	0	0.015
Centropages yuv	10	33	4	3	2	49	0.031
Centropages ponticus	11	12	1	1	2	73	0.003
Clausocalanus yuv	1	16	20	36	0	28	0.027
Corycaeus yuv	3	14	8	40	0	35	0.018
Corycaeus anglicus	0	37	2	59	1	1	0.036
Cyclopina yuv	14	69	1	12	0	3	0.049
Euterpina acutifrons	4	36	10	14	0	36	0.038
Farranua spp	3	18	16	57	0	5	0.003
Arpacticoidi indet	22	60	9	7	1	0	0.007
Isias clavipes	2	64	7	18	0	10	0.022
Mecynocera yuv	0	0	0	63	0	37	0.023
Oithona spp	3	51	13	18	1	14	0.002
Oncaea media	0	40	2	57	1	1	0.002
Oncaea spp	4	21	10	57	1	7	0.009
Paracalanus yuv	2	15	2	11	0	70	0.002
Paracalanus parvus	2	14	2	12	0	70	0
Sapphirina yuv	12	0	0	70	2	16	0.033
Temora yuv	6	15	4	29	0	44	0.02
Naupli indet	10	42	11	10	1	27	0.007
Evadne tergestina	16	16	9	0	1	58	0.009
Penilia avirostris	7	24	1	5	0	63	0
Podon polyphemoides	82	12	2	1	1	2	0
Chetognati indet	1	6	1	12	1	78	0
Idromeduse indet	10	18	2	3	0	66	0.004
Ostracodi indet	3	41	0	57	0	0	0.039
Policheti larve indet	1	56	3	17	2	21	0.003

Tabella 3.10. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di Fiumicino. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

Nella serie di Rio Martino si separano sei gruppi e molti *taxa*; per il primo gruppo A2, composto da campioni misti, non si osserva associato alcun *taxon* con valori INDVAL significativi. Il secondo gruppo (B1) è caratterizzato da campioni prevalentemente estivi e vede associate le specie di Copepodi *Centropages ponticus* e *Labidocera brunescens*, insieme ai Cladoceri *Evadne spinifera*, *E. tergestina* e *Penilia avirostris*; tra gli “Altri gruppi” le larve di Gasteropodi e di Pesci. Nel terzo raggruppamento (B2), di tipo autunnale ed invernale, le specie di Copepodi significative sono *Calocalanus pavo*, *Clausocalanus furcatus*, *Corycaeus latus*, *Euterpina acutifrons*, *Oithona nana*, *Paracalanus parvus* insieme ai gruppi di Chetognati e Dolioli. Nel gruppo A1, costituito da campioni invernali, si osservano le specie di Copepodi *Calocalanus styliremis*, *Clausocalanus paululus* e

Corycaeus limbatus. Nel gruppo D (campioni primaverili ed estivi) risulta significativa la presenza della sola specie *Podon polyphemoides*. Infine, per il gruppo C, principalmente primaverile, sono presenti molti gruppi meroplanctonici (larve di Cypris, Eufausiacei, Lamellibranchi e Policheti), insieme ai naupli, ad *Acartia discaudata* var. *mediterranea* e ad altri Copepodi giovanili (Tabella 3.11).

	GRUPPI						
Rio Martino (LTD)	A2	B1	B2	A1	D	C	
	INDVAL						p (<0,05)
Acartidae yuv	6	6	2	1	1	84	0
Acartia clausi	6	23	5	0	4	62	0.013
Acartia discaudata var medit.	13	9	0	0	10	68	0.01
Calocalanus pavo	2	0	81	8	0	9	0.002
Calocalanus styliremis	28	1	9	35	0	27	0.03
Centropages yuv	5	83	3	1	2	6	0
Centropages ponticus	2	91	4	0	3	0	0
Clausocalanus yuv	8	8	41	9	1	33	0.041
Clausocalanus furcatus	5	27	56	2	0	10	0.005
Clausocalanus paululus	15	0	8	73	0	3	0
Corycaeus latus	8	10	56	18	3	5	0.003
Corycaeus yuv	5	20	44	8	0	22	0.045
Corycaeus limbatus	0	0	0	100	0	0	0.004
Euterpina acutifrons	2	19	61	3	4	11	0.003
Isias yuv	4	21	20	1	1	53	0.044
Labidocera brunescens	0	64	36	0	0	0	0.005
Lucicutia yuv	15	0	0	85	0	0	0.037
Oithona yuv	9	21	12	7	8	43	0.042
Oithona nana	3	15	70	1	2	9	0.004
Paracalanus yuv	4	42	44	4	1	6	0.036
Paracalanus parvus	5	33	43	3	1	16	0.015
Pontellidae yuv	6	69	11	4	0	10	0.006
Scolecithricidae yuv	0	2	89	0	0	9	0.048
Temora yuv	2	2	79	6	0	11	0
Naupli indet	1	2	2	0	0	94	0
Evadne spinifera	21	71	7	0	1	1	0
Evadne tergestina	1	95	3	0	0	0	0
Penilia avirostris	1	81	18	0	0	0	0.002
Podon polyphemoides	2	19	1	0	55	22	0.05
Chetognati indet	1	15	77	5	2	1	0.001
Cypris larve indet	3	21	4	0	1	71	0.002
Dolioli indet	5	6	66	14	1	7	0.003
Eufausiacei larve indet	9	0	2	5	0	84	0.01
Gasteropodi larve indet	3	78	4	3	1	11	0.004
Lamellibranchi larve indet	4	17	1	0	4	73	0
Pesci larve indet	15	49	5	2	17	11	0.005
Policheti larve indet	12	15	20	7	2	46	0.023

Tabella 3.11. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di Rio Martino. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

A Monte d'Argento si separano sei gruppi principali, costituiti da campioni distribuiti in maniera meno definita rispetto alle altre stazioni. Il gruppo B è composto da campioni prevalentemente estivi ed autunnali ed è caratterizzato dalle specie *Centropages ponticus*, *Evadne tergestina* e *Penilia avirostris*; il secondo gruppo (A1), prettamente estivo, non vede associato nessun *taxon* con valori INVAL significativi ed il terzo (A3), composto da campioni misti è caratterizzato solo da *Farranula* spp. Il gruppo B2, prevalentemente invernale, vede associate *Acartia clausi* e *Paracalanus parvus*, con i rispettivi stadi giovanili. Il gruppo B1 è costituito principalmente da campioni primaverili ed autunnali ed i *taxa* associati sono *Oithona similis*, *Podon polyphemoides* ed il gruppo degli Isopodi. Infine A2, con campioni primaverili ed estivi, vede associato solo il Copepode *Clausocalanus lividus* e le larve di Lamellibranchi (Tabella 3.12).

	GRUPPI						
Monte d'Argento (LTE)	B3	A1	A3	B2	B1	A2	
	INDVAL						p (<0,05)
Acartidae yuv	8	0	5	57	19	10	0.013
Acartia clausi	12	0	7	67	8	5	0
Centropages yuv	70	8	1	8	12	1	0.004
Centropages ponticus	79	6	0	4	11	1	0
Clausocalanus lividus	0	6	16	0	0	78	0.049
Farranula spp	4	0	67	18	0	10	0.015
Oithona similis	4	0	5	6	73	12	0.016
Paracalanus yuv	19	1	5	68	7	2	0
Paracalanus parvus	25	1	3	65	5	1	0.002
Evadne tergestina	82	5	0	2	9	2	0
Penilia avirostris	53	8	1	16	21	2	0.016
Podon polyphemoides	8	0	0	2	89	0	0
Gasteropodi larve indet	77	11	3	6	0	3	0.012
Idromeduse indet	72	10	5	9	3	2	0.029
Isopodi indet	1	0	0	0	98	0	0.012
Lamellibranchi larve indet	16	1	3	4	15	61	0

Tabella 3.12. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di Monte d'Argento. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

A Zannone i campioni del gruppo A sono misti e vedono associate le specie *Clausocalanus jobei* e *Paracalanus parvus*, insieme alle forme giovanili del genere ed il gruppo degli Ostracodi. In B4, gruppo primaverile-estivo, si associa solo il Cladocero *Podon polyphemoides*, mentre B5, prevalentemente estivo, non vede associati *taxa*. Al gruppo B1 (campioni estivi ed autunnali), si associano molte specie di Copepodi (*Acartia margalefi*, *Centropages ponticus*, *Clytemnestra rostrata*, *Isias clavipes*, *Oithona plumifera*, *Oncaea media*, *Oncaea venusta*, *Temora stylifera*) ed il Cladocero *Penilia avirostris*. A gruppo B2 (principalmente invernale) si associano la maggior parte dei *taxa*: i Copepodi

del genere *Calocalanus* (*C. contractus*, *C. styliremis* *Calocalanus* spp e giovanili), *Corycaeus anglicus*, i giovanili di *Ctenocalanus* e *Lucicutia*, *Farranula* spp, *Mecynocera clausi*, *Microsetella rosea*, *Oncaea scottodicarloi* e specie del genere *Oithona* (*O. atlantica* e *O. longispina*). Infine B3, costituito da campioni autunnali, vede associati solo gli stadi giovanili del Copepode *Heterorhabdus* (Tabella 3.13).

Zannone (LTF)	GRUPPI						p (<0,05)
	A	B4	B5	B1	B2	B3	
	INDVAL						
<i>Acartia margalefi</i>	0	0	0	100	0	0	0
<i>Calocalanus yuv</i>	24	1	0	15	50	11	0.005
<i>Calocalanus contractus</i>	10	0	0	0	90	0	0.003
<i>Calocalanus styliremis</i>	29	1	0	14	39	17	0.012
<i>Calocalanus</i> spp	31	0	0	18	49	1	0.013
<i>Centropages ponticus</i>	1	5	2	92	0	0	0
<i>Clausocalanus yuv</i>	72	3	1	4	8	11	0
<i>Clausocalanus jobei</i>	75	1	2	8	13	1	0.003
<i>Clytemnestra rostrata</i>	0	0	0	100	0	0	0.007
<i>Corycaeus anglicus</i>	0	0	0	0	90	10	0.002
<i>Ctenocalanus yuv</i>	33	0	0	1	56	9	0.005
<i>Farranua</i> spp	25	3	2	15	47	8	0.003
<i>Heterorhabdus yuv</i>	28	1	0	0	10	61	0.018
<i>Isias clavipes</i>	20	2	1	73	4	1	0.002
<i>Lucicutia yuv</i>	27	0	0	2	68	3	0.002
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	0	40	60	0	0.003
<i>Microsetella rosea</i>	15	3	0	0	79	3	0.025
<i>Oithona atlantica</i>	0	0	0	0	100	0	0.009
<i>Oithona longispina</i>	14	0	0	12	75	0	0
<i>Oithona plumifera</i>	19	0	1	49	11	21	0.013
<i>Oncaea media</i>	9	0	0	72	18	1	0
<i>Oncaea scottodicarloi</i>	18	0	0	25	54	2	0.002
<i>Oncaea venusta</i>	0	0	0	100	0	0	0.01
<i>Oncaea</i> spp	20	1	0	53	25	0	0.009
<i>Paracalanus yuv</i>	43	13	5	14	9	16	0.019
<i>Paracalanus parvus</i>	47	5	4	22	6	16	0.03
<i>Poecilostomatoide</i> indet	0	0	0	0	100	0	0.04
<i>Temora stylifera</i>	9	1	3	85	1	1	0.001
<i>Penilia avirostris</i>	3	1	1	94	0	1	0
<i>Podon polyphemoides</i>	9	58	8	13	3	9	0.012
<i>Ostracodi</i> indet	46	0	0	3	44	7	0.019

Tabella 3.13. Indicator Species Analysis effettuata sui gruppi ottenuti dal clustering gerarchico della serie di **Zannone**. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi ($p < 0,05$).

L'Indicator Species Analysis è stata, inoltre, condotta su tutte le serie dei campioni, al fine di individuare i *taxa* che maggiormente caratterizzano i diversi siti.

I risultati ottenuti (Tabella 3.14) hanno evidenziato come la maggior parte dei *taxa*, i cui valori indicatori (INDVAL) sono risultati significativi ($p < 0,05$), presentino una maggiore specificità per la stazione di Zannone (LTF), seguita da Rio Martino (LTD), mentre una sola specie, *Podon polyphemoides* si associa alla stazione di Monte d'Argento (LTE).

A Foce Marta (VTA) le specie più significative sono i Copepodi *Isias clavipes*, *Oithona similis*, *Paracalanus parvus* e *Pteriacartia josephinae*, insieme al Cladocero *Penilia avirostris* e al gruppo dei Sifonofori.

Per la serie di Ladispoli (RMB) l'unico *taxon* significativo a livello di specie è il Copepode *Acartia discaudata* var. *mediterranea*, gli altri sono i giovanili di *Isias*, gli Arpacticoidi indeterminati e alcuni gruppi meroplanctonici (larve di Cirripedi, Policheti e Tunicati).

Anche Fiumicino (RMC) è caratterizzata da una sola specie (*Corycaeus anglicus*), insieme ai giovanili di *Cyclopina* ed altri Ciclopoidi indeterminati; inoltre, sono significativi i Cladoceri appartenenti ai gruppi Bosminidae e Daphnidae insieme a larve di Decapodi e Lofoforati.

Alla serie di Rio Martino (LTD) si associano molti *taxa*, quasi tutti appartenenti al gruppo dei Copepodi (*Acartia margalefi*, *Calocalanus pavo*, *Centropages ponticus*, *Clausocalanus furcatus*, *Corycaeus giesbrechti*, *Euterpina acutifrons*, *Labibocera brunescens*, *Oithona nana* insieme a *O. plumifera*, *Oncaea media*, *Paracartia latisetosa*), unitamente a qualche gruppo meroplanctonico (larve di Briozoi, Gasteropodi e Lamellibranchi) e ai Dolioli, al contrario non si osservano Cladoceri.

Infine Zannone (LTF), la stazione con maggiore variabilità del popolamento, caratterizzato principalmente da specie appartenenti al gruppo dei Copepodi (*Acartia longiremis* e *A. negligens*, *Calocalanus pavoninus* e *C. styliremis*, *Centropages kroyeri*, *Clausocalanus arcuicornis* insieme a *C. jobei*, *C. lividus*, *C. mastigophorus*, *C. pergens*, *Corycaeus clausi* con *C. latus*, *C. limbatus*, *C. ovalis* e *C. typicus*, *Ctenocalanus vanus*, *Mecynocera clausi*, *Nannocalanus minor*, *Oithona longispina*, *Oncaea curta* e *O. scottodicarloi*, *Paracalanus denudatus* e *P. nanus*, *Pleuromamma gracilis*, *Temora stylifera*), dalle larve di Eufausiacei, dagli Ostracodi e dagli Pteropodi; non sono risultate significative nessuna delle specie di Cladoceri.

	STAZIONI						p (<0,05)
	VTA	RMB	RMC	LTD	LTE	LTF	
	INDVAL						
<i>Acartia discaudata</i> var <i>medit.</i>	4	32	12	11	5	0	0
<i>Acartia longiremis</i>	1	0	0	0	0	4	0.024
<i>Acartia margalefi</i>	1	0	0	22	13	0	0
<i>Acartia negligens</i>	2	0	0	1	0	20	0
<i>Calocalanus pavo</i>	2	1	2	13	1	5	0.004
<i>Calocalanus pavoninus</i>	1	0	1	6	0	19	0
<i>Calocalanus styliremis</i>	10	1	4	7	1	20	0.002
<i>Centropages yuv</i>	23	13	13	33	7	2	0.002
<i>Centropages kroyeri</i>	0	0	0	0	0	3	0.036
<i>Centropages ponticus</i>	7	10	7	29	3	0	0
<i>Clausocalanus yuv</i>	11	4	6	24	6	39	0
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	2	0	0	3	0	21	0
<i>Clausocalanus furcatus</i>	5	0	2	20	2	16	0
<i>Clausocalanus jobei</i>	1	0	0	2	0	17	0
<i>Clausocalanus lividus</i>	3	0	0	5	0	17	0
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	0	1	0	1	0	9	0
<i>Clausocalanus pergens</i>	5	1	1	5	0	13	0.012
<i>Corycaeus anglicus</i>	3	2	12	2	1	0	0.013
<i>Corycaeus clausi</i>	0	0	1	0	0	4	0.03
<i>Corycaeus giebrechti</i>	5	1	2	20	0	10	0
<i>Corycaeus latus</i>	7	1	1	9	0	22	0
<i>Corycaeus limbatus</i>	1	0	0	0	0	7	0
<i>Corycaeus ovalis</i>	1	0	0	3	0	12	0
<i>Corycaeus typicus</i>	1	1	0	7	0	4	0.008
<i>Ctenocalanus vanus</i>	1	1	1	1	1	8	0.004
<i>Cyclopina yuv</i>	0	0	14	0	0	0	0
<i>Ciclopoidi indet</i>	0	1	24	0	0	0	0
<i>Euchaeta yuv</i>	0	0	0	1	0	8	0
<i>Eutima acutifrons</i>	18	16	11	33	5	3	0.005
<i>Farranula yuv</i>	3	3	3	3	1	12	0.027
<i>Arpacticoidi indet</i>	3	21	2	6	2	0	0
<i>Isias yuv</i>	7	24	4	15	3	0	0
<i>Isias clavipes</i>	17	5	7	10	2	0	0.004
<i>Labidocera brunescens</i>	0	2	1	9	0	0	0
<i>Lucicutia yuv</i>	1	0	1	0	1	13	0
<i>Mecynocera yuv</i>	0	0	1	3	0	6	0.021
<i>Mecynocera clausi</i>	0	0	1	1	0	7	0.001
<i>Monstrilloidi indet</i>	6	2	0	1	0	0	0.017
<i>Nannocalanus minor</i>	0	0	0	0	0	9	0
<i>Oithona longispina</i>	4	1	1	0	0	7	0.032
<i>Oithona nana</i>	17	11	13	31	10	1	0.027
<i>Oithona plumifera</i>	6	1	6	17	0	13	0.028
<i>Oithona similis</i>	24	3	2	7	1	6	0.032
<i>Oncaea yuv</i>	2	3	3	21	10	6	0.006
<i>Oncaea curta</i>	1	1	1	3	5	21	0
<i>Oncaea media</i>	2	1	3	21	2	6	0
<i>Oncaea scottodicaloi</i>	4	0	1	2	2	15	0
<i>Oncaea spp</i>	2	2	5	22	7	7	0
<i>Paracalanus yuv</i>	33	9	13	29	12	4	0.013
<i>Paracalanus denudatus</i>	1	0	1	6	0	13	0.005
<i>Paracalanus nanus</i>	4	2	5	16	2	27	0
<i>Paracalanus parvus</i>	38	7	10	26	10	4	0.002
<i>Parcartia latisetosa</i>	0	0	0	5	0	0	0.025
<i>Pleuromamma yuv</i>	0	1	0	0	0	13	0
<i>Pleuromamma gracilis</i>	0	0	0	0	0	6	0.001
<i>Pontellidae yuv</i>	10	13	10	26	0	1	0.003
<i>Pteriacartia josephinae</i>	14	7	0	0	0	0	0
<i>Sapphirina yuv</i>	2	0	2	6	0	1	0.007
<i>Temora yuv</i>	18	8	7	31	3	8	0.008
<i>Temora stylifera</i>	0	1	0	2	0	27	0
<i>Bosminidae indet</i>	0	0	17	0	0	0	0
<i>Daphnidae indet</i>	1	0	8	0	0	0	0.001
<i>Penilia avirostris</i>	26	3	4	20	4	1	0.039
<i>Podon polyphemoides</i>	8	19	9	5	31	0	0
<i>Briozoi larve indet</i>	7	7	6	34	2	0	0
<i>Cirripedi larve indet</i>	5	60	15	3	3	0	0
<i>Decapodi larve indet</i>	5	17	38	4	13	1	0
<i>Dolioli indet</i>	1	0	2	16	0	11	0
<i>Eufausiacei larve indet</i>	0	0	0	1	4	15	0
<i>Gasteropodi larve indet</i>	17	7	1	39	3	4	0
<i>Lamellibranchi larve indet</i>	15	17	7	44	14	0	0
<i>Lofoforati larve indet</i>	0	0	10	0	0	0	0.002
<i>Misidacei larve indet</i>	0	0	7	0	2	0	0.027
<i>Ostracodi indet</i>	1	3	3	2	1	10	0.004
<i>Policheti larve indet</i>	21	35	12	11	5	1	0.015
<i>Pteropodi indet</i>	9	4	2	21	13	28	0
<i>Sifonofori indet</i>	19	3	6	11	1	9	0.006
<i>Tunicati larve indet</i>	3	15	3	0	2	0	0.003

Tabella 3.14. Indicator Species Analysis effettuata su tutte le serie. Sono riportati solo i *taxa* con valori indicatori significativi (p<0,05).

Per ogni area di indagine è stata, quindi, costruita una successione annuale dei *taxa* ritenuti maggiormente rappresentativi del periodo esaminato, tenendo conto dell'insieme dei risultati ottenuti dalle diverse analisi sopra esposte (Figure da 3.60 a 3.65).

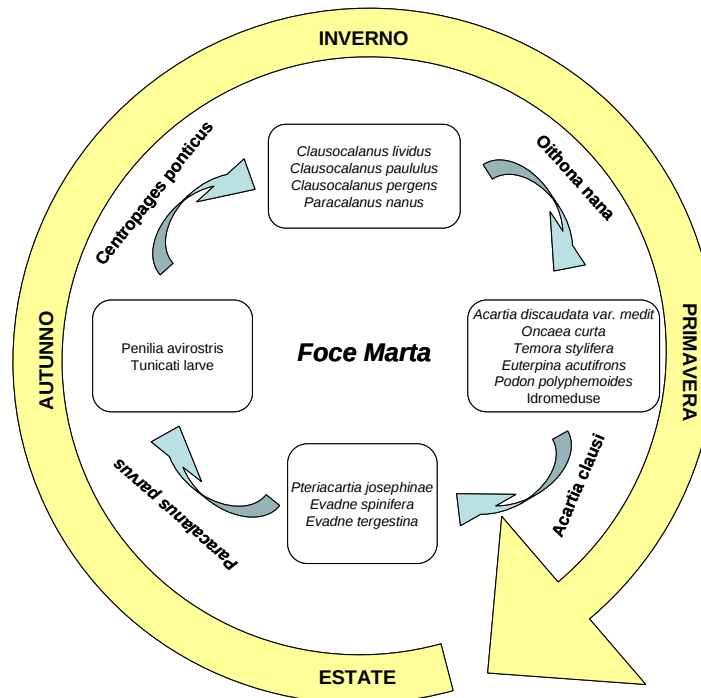


Figura 3.60. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Foce Marta.

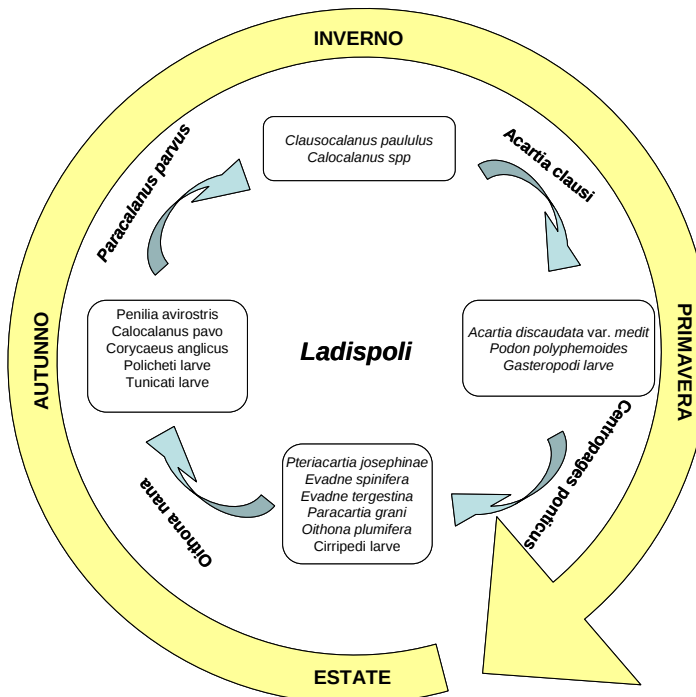


Figura 3.61. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Ladispoli.

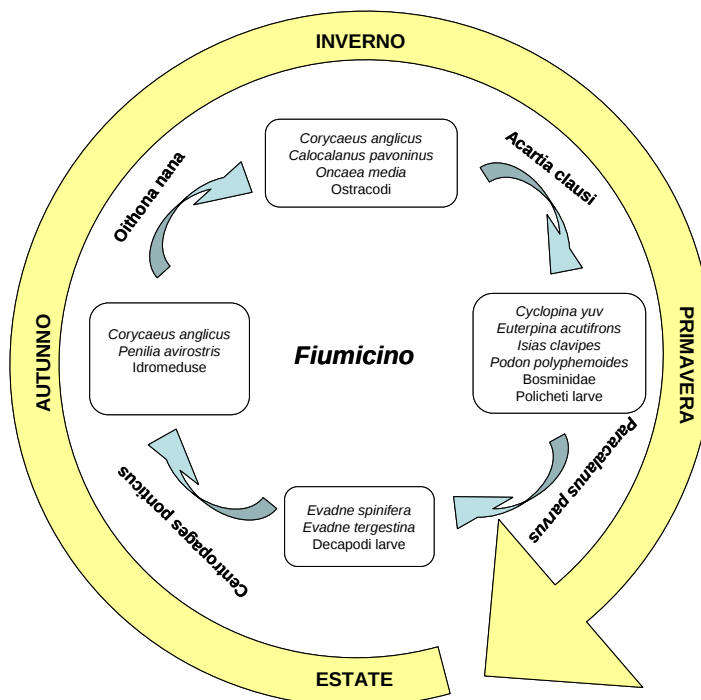


Figura 3.62. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Fiumicino.

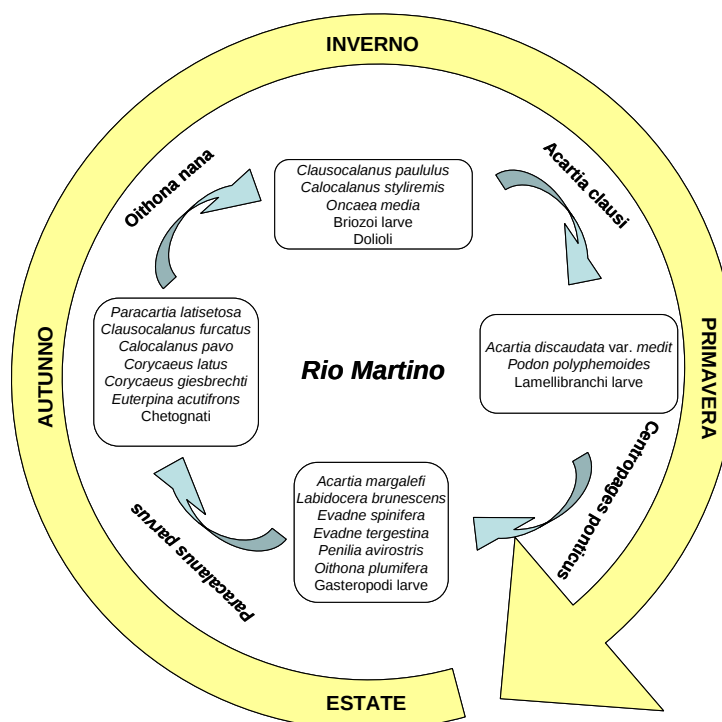


Figura 3.63. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Rio Martino.

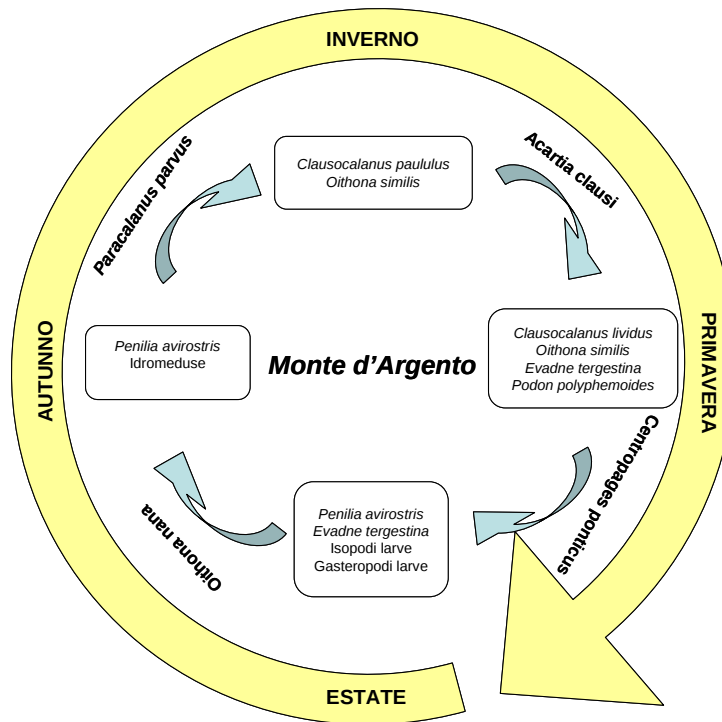


Figura 3.64. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Monte d'Argento.

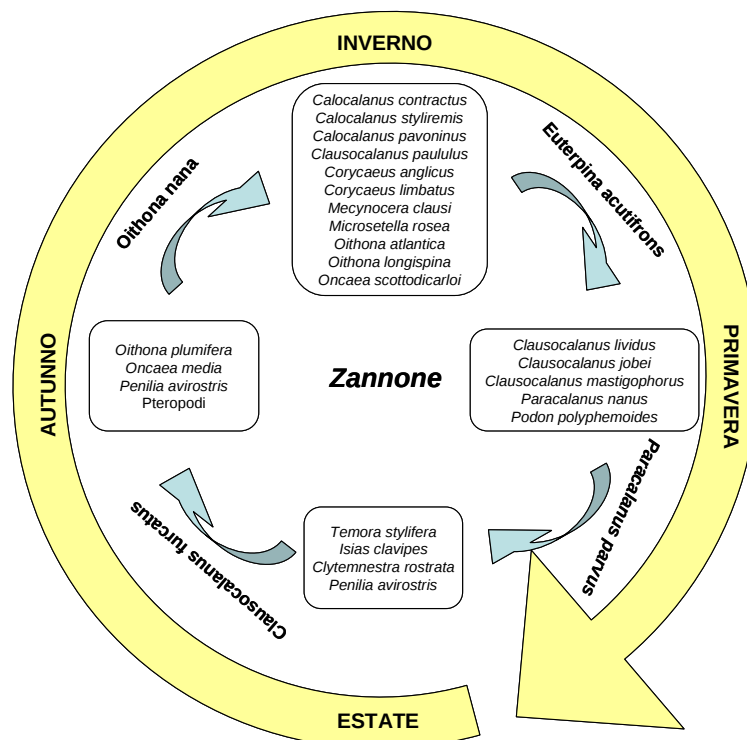


Figura 3.65. Rappresentazione schematica dei *taxa* maggiormente significativi delle diverse fasi stagionali per il sito di Zannone.

3.7. Confronto tra zooplancton e algoritmo di classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)

I valori delle coordinate dei primi due assi (CA1 e CA2) relativi alle osservazioni, ottenuti dall'Analisi delle Corrispondenze applicata alle matrici definite da tutti i *taxa* (493 osservazioni e 170 *taxa*) e dai soli adulti (493 osservazioni e 111 *taxa*) (vedi par. 3.3), sono state confrontate con i corrispettivi valori ottenuti dall'algoritmo CAM (Classificazione Acque Marine), al fine di misurare la corrispondenza tra il popolamento zooplanctonico e la qualità delle acque marine costiere.

Ad ogni campionamento (osservazione) è stato associato il valore del CAM, calcolato secondo le modalità previste dal Programma di Monitoraggio marino Costiero, ovvero mediante la ripartizione in sole tre classi di qualità delle acque (1=alta, 2=media, 3=bassa). La rappresentazione grafica della distribuzione delle classi di qualità in base ai valori di CA1 e CA2 ottenuti dalla matrice totale è mostrata nella figura 3.66.

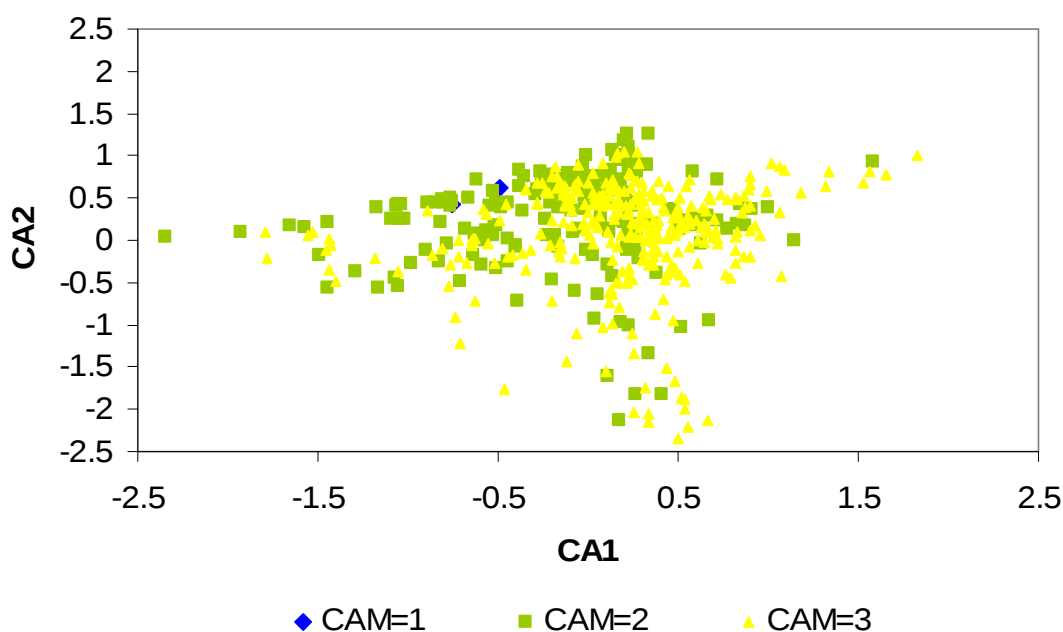


Figura 3.66. Distribuzione dei risultati CAM definita in base ai valori delle coordinate sul primo (CA1) e secondo asse (CA2) dell'AC elaborata con tutti i *taxa*.

La distribuzione dei risultati relativi alla classificazione CAM evidenzia una separazione per i valori CAM=2 e CAM=3 che, sebbene mantengano una configurazione simile risultano leggermente slittati. Tale aspetto è ancora più evidente se si osserva la

representazione grafica della distribuzione delle classi di qualità in base ai valori di CA1 e CA2 ottenuti della matrice ridotta in cui sono considerati i soli *taxa* con organismi adulti (Figura 3.67).

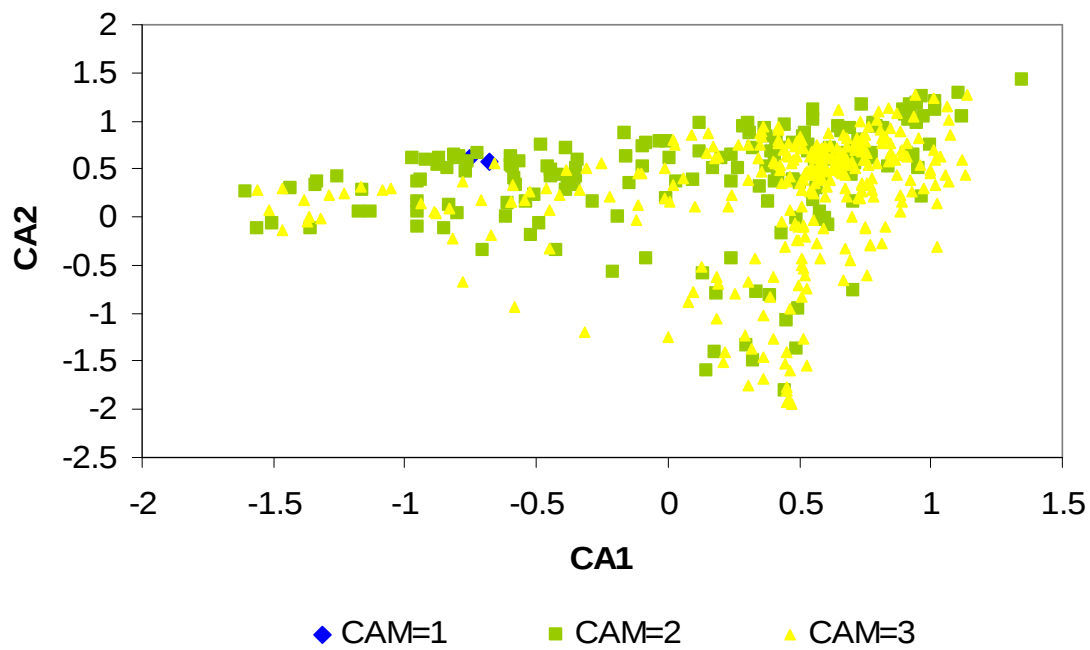


Figura 3.67. Distribuzione dei risultati CAM definita in base ai valori delle coordinate sul primo (CA1) e secondo asse (CA2) dell'AC elaborata con tutti i *taxa* definiti dai soli adulti.

Le differenze tra i raggruppamenti definiti dai valori di CAM=2 e CAM=3 sono ben evidenziate nei diagrammi box-plot elaborati sui valori delle coordinate CA1 e CA2 per i due tipi di CA (Figure 3.68 e 3.69).

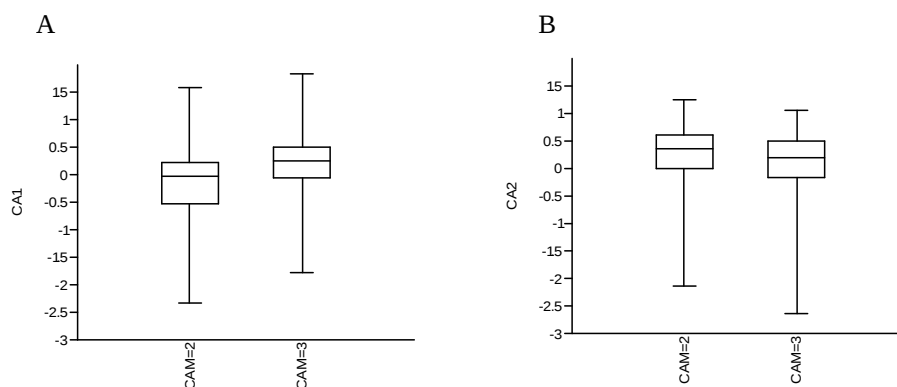


Figura 3.68. Sintesi della distribuzione dei valori delle coordinate del primo (A) e secondo (B) asse corrispondenti ai risultati di CAM=2 e CAM=3 (Analisi fattoriale applicata a tutti i *taxa*)

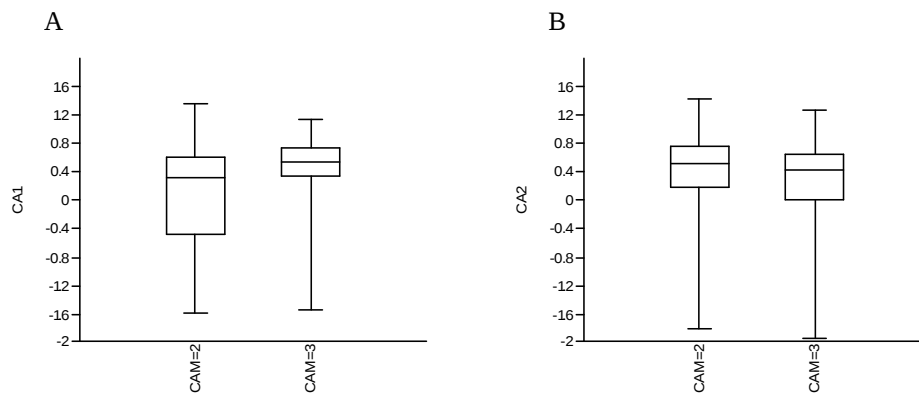


Figura 3.69. Sintesi della distribuzione dei valori delle coordinate del primo (A) e secondo (B) asse corrispondenti ai risultati di CAM=2 e CAM=3 (Analisi fattoriale applicata ai *taxa* dei soli adulti)

Nei box-plot si osserva un evidente spostamento della mediana e dei quartili centrali.

La significatività delle differenze tra le mediane dei risultati per CAM=2 e CAM=3 è stata verificata mediante il test non parametrico di Mann-Whitney, che è stato applicato per tutti i casi considerati (Tabella 3.15).

In tutti i casi l'ipotesi nulla di mediane identiche è stata rigettata con valori di $p < 0.01$ ed è quindi possibile concludere che le diverse classificazioni CAM trovano riscontro, sia pure in linea generale e non esattamente caso per caso, nella struttura del popolamento zooplanctonico.

U Test di Mann-Whitney				
	Afc tutti i <i>taxa</i>		Afc solo adulti	
	CA1	CA2	CA1	CA2
	T=Ub	p(same)	T=Ub	p(same)
CAM=2	N=176			
CAM=3	N=305			

Figura 3.15. Risultati del U Test di Mann-Whitney per la valutazione delle differenze tra CAM=2 e CAM=3 in ognuno dei casi considerati.

4. DISCUSSIONE

Lo studio dello zooplancton condotto nell'ambito del Programma di Monitoraggio Marino Costiero del Ministero dell'Ambiente rappresenta la prima occasione di indagine svolta a scala pluriennale lungo le coste laziali per questa comunità; sono infatti rari ed occasionali gli studi condotti sulle popolazioni mesozooplanctoniche nell'area (Puddu *et al.*, 1983). Diversi sono invece i lavori prodotti su serie temporali di dati zooplanctonici in ambienti costieri del Mediterraneo, di cui alcuni a livello nazionale (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995; Cataletto *et al.*, 1995; Mozetič *et al.*, 1998; Licandro e Ibanez, 2000; Kovalev *et al.*, 2001; Ribera d'Alcalà *et al.*, 2004; Camatti *et al.*, 2006). Pochi sono i risultati pubblicati sullo studio delle serie temporali raccolte durante lo stesso programma di monitoraggio in altre regioni (Cruscanti *et al.*, 2004; Aguzzi *et al.*, 2006; Di Capua e Mazzocchi, 2006; Sanavio *et al.*, 2006).

4.1. Il popolamento mesozooplanctonico delle coste laziali

Le abbondanze del popolamento zooplanctonico marino costiero laziale, mediate a livello regionale sono caratterizzate da una sensibile variabilità annuale, legata ai cicli stagionali dei diversi *taxa*. Si osservano anche variazioni interannuali, determinate principalmente dall'aumento generale delle abbondanze negli anni, riscontrabile in tutti i gruppi tassonomici. Tale incremento e, più in particolare, gli elevati valori di densità registrati in quasi tutte le stazioni costiere nel 2005 non è di immediata interpretazione, sebbene questa tendenza sia stata osservata anche in altre aree tirreniche, come in Toscana dove è stato registrato un incremento dei valori totali di zooplancton negli anni 2005-2006 (Cruscanti, comunicazione personale). Al momento non sembrano, comunque, sussistere segnali ambientali che sostengano questa tendenza.

La successione stagionale delle densità medie del popolamento totale, calcolate su tutte le stazioni, con i due incrementi principali, uno ad inizio-primavera, più spiccato, e con valori assoluti maggiori, l'altro tardo-estivo autunnale caratterizzato da una maggiore ampiezza e diversità tassonomica, concorda con i dati riportati per le altre aree costiere del Mediterraneo occidentale ed orientale (Scotto di Carlo *et al.*, 1985; Lakkis, 1990; Kovalev *et al.*, 2003). Altri studi condotti in diverse aree costiere del Mediterraneo hanno evidenziato aumenti in primavera-estate, (Calbet *et al.*, 2001; Siokou-Fragou, 1996; Camatti *et al.*, 2006; Specchi *et al.*, 1981), in inverno (Vives, 1966) ed, in alcuni casi, il

verificarsi di tre picchi annuali (Rodrigues, 1983; Daly Yaia *et al.*, 2004). In particolare, l'analisi della serie storica del Golfo di Napoli rivela un primo picco ad aprile-maggio, a carico dei Copepodi ed un secondo picco a luglio-agosto, determinato principalmente dai Cladoceri, con valori minimi a gennaio (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà 1995; Ribera d'Alcalà *et al.*, 1995), in accordo con quanto rilevato nella presente ricerca. Anche nelle serie del golfo di Trieste sono osservabili due picchi, il primo a maggio ed il secondo ad agosto (Mozetič *et al.*, 1998), mentre nella costa nord occidentale del Mediterraneo (Tolone, Francia), due baie localizzate a poche miglia di distanza evidenziano due picchi stagionali il primo ad inizio primavera ed il secondo in periodi diversi, in un caso in piena estate, nell'altro in autunno (Jamet, *et al.*, 2005), ad indicare l'esistenza di variazioni a scala locale molto ristretta. Infatti, la variabilità dei cicli stagionali per il popolamento zooplanctonico nelle aree costiere del Mediterraneo risulta più elevata rispetto alle zone di mare aperto, dove generalmente si individua un solo picco annuale in primavera o in estate (Nival *et al.*, 1972; Boisson *et al.*, 1985) ed è principalmente legata alle variazioni di temperatura ed alla disponibilità di nutrimento. Inoltre, le caratteristiche idrodinamiche ed i processi biogeochimici, come il *turnover* dei nutrienti, determina una variabilità dei processi produttivi in ambienti costieri molto più elevata rispetto alle zone di mare aperto; a ciò, inoltre, si deve aggiungere il ruolo degli impatti antropogenici, responsabili principalmente delle variazioni nel tempo delle fluttuazioni stagionali, che in ambienti particolarmente antropizzati sembrano essere meno ricorrenti negli anni (Calmet *et al.*, 2001; Jamet *et al.*, 2005).

L'analisi delle fluttuazioni stagionali nelle diverse aree indagate in questo lavoro, evidenzia una particolare variabilità temporale nel manifestarsi dei picchi massimi annuali di abbondanza zooplanctonica, soprattutto nei siti di Foce Marta e Fiumicino, dove la non ripetività stagionale negli anni potrebbe essere determinata principalmente dall'influenza degli apporti fluviali del Marta e del Tevere. Gli altri siti, sebbene non mostrino una ricorrenza dei picchi di abbondanza negli anni, sono comunque caratterizzati da valori massimi primaverili (o di inizio estate) e autunnali, con decrementi estivi ed invernali e mostrano una notevole differenza dei valori assoluti nel tempo; ad esempio, Monte d'Argento e Rio Martino fanno registrare nella primavera del 2005 valori rispettivamente da 4 a 10 volte maggiori rispetto agli anni precedenti. Zannone mostra due incrementi annuali, uno in primavera e l'altro in autunno e le differenze di densità negli anni non sono particolarmente marcate.

La stazione di Fiumicino, posta a 500 metri a largo della foce del fiume Tevere, oltre a registrare i valori più bassi di densità media zooplanctonica totale, rispetto alle altre stazioni più strettamente costiere, è anche l'unico sito a non evidenziare aumenti significativi delle abbondanze nel 2005. A riguardo si potrebbe ipotizzare un forte condizionamento da parte degli apporti del fiume, che da un lato caratterizza la struttura della colonna d'acqua all'interno della quale vengono effettuati i campionamenti, dall'altro impedisce l'instaurarsi nell'area di un popolamento in grado di accrescersi e riprodursi probabilmente a causa del forte stress ambientale determinato dal carico di inquinanti.

La densità zooplanctonica media totale più elevata si registra a Rio Martino, sito in cui è più evidente anche l'incremento dei valori del 2005 e dove, sembra, tendono a mantenersi elevati anche nel 2006. Purtroppo l'interruzione dei campionamenti nel periodo marzo-giugno 2006, non ci permette di definire il *trend* dei valori per questo anno in nessuno dei siti indagati.

Zannone rappresenta la stazione con valori più bassi in assoluto delle densità zooplanctoniche totali e anche per questo sito sembra ci siano solo lievi incrementi del popolamento negli anni 2004 e 2005; tuttavia è opportuno sottolineare che, a causa della sua posizione geografica e delle particolari condizioni idrodinamiche che la caratterizzano, questa area di indagine non può essere considerata come strettamente neritica, a differenza delle altre stazioni. L'indicazione del sito di Zannone come area di "bianco" (o di controllo) a livello regionale è stata supportata dall'elevato grado di naturalità del sito, ma per la sua particolare collocazione (l'isola è posta a circa 17 miglia nautiche da capo Circeo, caratterizzata da costa con alti fondali) e per le caratteristiche ecologiche dei popolamenti zooplanctonici, si configura più come sito di mare aperto, quindi difficile da impiegare come "punto zero" per la valutazione del livello di compromissione delle aree critiche costiere.

La composizione percentuale media dei principali gruppi zooplanctonici nei diversi siti esaminati evidenzia in quasi tutti una netta dominanza dei Copepodi ($D\% > 50\%$), tranne a Ladispoli, dove il contributo percentuale è poco al di sotto del 50%. Nell'andamento medio regionale dei contributi percentuali dei diversi gruppi la dominanza dei Copepodi si riscontra in oltre il 60% dei campioni. I Copepodi giocano un ruolo fondamentale all'interno del popolamento mesozooplanctonico e nella rete trofica marina, essendo i principali produttori secondari nei mari del mondo (Huys & Boxshall, 1991). I copepodi erbivori attraverso il meccanismo di *grazing* sono in grado di controllare lo sviluppo delle differenti

classi di taglia delle comunità fitoplanctoniche, mentre i Copepodi carnivori e onnivori si nutrono del micro- e meso-zooplancton inclusi gli stadi di sviluppo giovanili dello stesso gruppo (Ohman e Hirche, 2001). A loro volta sono controllati dalle comunità macrozooplanctoniche, micronectoniche e dai pesci (Tudera e Palomera, 1997; Plounevez & Champalbert, 2000).

Nelle regioni costiere anche i Cladoceri possono assumere un ruolo dominante, in particolare nel periodo estivo, che rappresenta per la maggior parte delle specie il momento di massimo sviluppo (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995; Mozetič *et al.*, 1998; Calbet *et al.*, 2001; Jamet *et al.*, 2005; Fonda Umani 1966; Siokou-Frangou, 1996). Nei campioni analizzati i Cladoceri mostrano un ciclo stagionale medio regionale con un piccolo incremento nel mese di aprile e un picco evidente dei valori di abbondanza nei mesi di luglio e agosto; tale situazione si riscontra nelle fluttuazioni stagionali medie di tutti i siti, tranne a Zannone, dove sono osservabili solo gli incrementi estivi dei Cladoceri che fino a maggio risultano praticamente assenti. La stazione che presenta i contributi percentuali medi maggiori per i Cladoceri è Monte d'Argento, con quasi il 30% del totale zooplancton, mentre non risultano essere particolarmente rilevanti nelle stazioni di Ladispoli e Fiumicino. Probabilmente la particolare situazione idrodinamica del sito di Monte d'Argento, posto all'interno del Golfo di Gaeta e fortemente influenzato dalle acque del fiume Garigliano, offre ai Cladoceri, che prediligono bassi valori di salinità ed elevate temperature (Cannicci, 1958), una situazione favorevole di sviluppo. A Zannone, al contrario, le condizioni per lo sviluppo dei Cladoceri sono meno favorevoli e si registra il contributo percentuale medio per questo gruppo più basso della regione.

Tra gli altri gruppi oloplanctonici le Appendicolarie rappresentano il *taxon* dominante in tutte le stazioni ed il suo contributo percentuale medio rappresenta a Monte d'Argento oltre l'80% sul totale dell'oloplancton, esclusi i Copepodi ed i Cladoceri. I dati di fluttuazione stagionale media mostrano, inoltre, una presenza tutto l'anno, con incrementi maggiori ad aprile ed ottobre. La rilevanza di questo gruppo in ambiente marino costiero è ben documentata, soprattutto per il suo importante ruolo di collegamento tra la componente picoplanctonica ed i pesci; infatti, grazie al loro particolare e complesso sistema di filtrazione hanno accesso a risorse alimentari altrimenti poco sfruttate (Alldredge, 1976; Gorsky & Fenaux, 1988). Inoltre, le Appendicolarie giocano un ruolo importante nell'ecologia dei sistemi marini in quanto il loro complesso sistema di filtrazione una volta "intasato" viene abbandonato, divenendo un nucleo importante di aggregazione di

particelle e un importante risorsa alimentare per altri organismi, in particolare per altri Copepodi (Hansen *et al.*, 1996; Shanks e Walters, 1977). Sebbene la velocità di riproduzione delle Appendicolarie sia paragonabile a quella dei Copepodi e la competizione per le risorse trofiche tra i due gruppi si possa considerare debole a causa delle differenti strategie alimentari, sono sempre i Copepodi a dominare rispetto alle Appendicolarie in ogni periodo dell'anno, ipotizzando quindi un elevato controllo attraverso la predazione su questo gruppo, sia sugli adulti, sia sulle uova e giovanili, anche da parte degli stessi Copepodi (López-Urrutia *et al.*, 2004).

La distribuzione della componente meroplanctonica, costituita prevalentemente da larve di Lamellibranchi e Cirripedi mostra una interessante corrispondenza con la natura del fondo dei diversi siti: i Lamellibranchi dominano il popolamento meroplanctonico di Rio Martino e Monte d'Argento, ma sono anche ben rappresentati a Foce Marta, tutti siti con fondale sabbioso in cui prosperano le popolazioni di questi molluschi. A Ladispoli e a Fiumicino sono invece ben rappresentate le larve di Cirripedi, probabilmente per la presenza di scogliere rocciose nelle aree limitrofe ai siti di campionamento. A Zannone, sebbene non ci sia una netta predominanza di un particolare gruppo, sono ben rappresentate le larve di Echinodermi, di Gasteropodi e di Pesci, che si accorda con le caratteristiche rocciose del fondale, ricco anche di praterie di *Posidonia oceanica*. Ladispoli e Rio Martino sono le stazioni in cui la componente meroplanctonica totale è più abbondante, mentre a Zannone le densità sono minime rispetto al popolamento oloplanctonico. Le fluttuazioni stagionali del popolamento meroplanctonico mostrano incrementi principalmente invernali, primaverili e tardo estivi in tutte le stazioni.

4.2. Struttura delle comunità

L'oloplancton domina le comunità dei diversi siti indagati in termini quantitativi e, come abbiamo visto, i Copepodi costituiscono il gruppo più abbondante, seguiti dai Cladoceri e dalle Appendicolarie.

In Mediterraneo sono state "inventariate" ad oggi 469 specie di copepodi planctonici (Razouls e Durand, 1991), anche se il numero è sicuramente sottostimato e destinato a crescere, sia per l'inadeguatezza delle tecniche di campionamento finora utilizzate, sia per le continue introduzioni di specie provenienti dall'Atlantico e dal Mar Rosso.

In questo studio sono state identificate 82 specie e 3 generi (*Farranula* spp, *Microsetella* spp e *Sapphirina* spp) di Copepodi, ma sono poche quelle responsabili di larga parte del popolamento: *Paracalanus parvus*, *Oithona nana*, *Centropages ponticus*, *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia discaudata* var. *mediterranea* e *Oithona similis*, che insieme contribuiscono per il 90% al totale degli adulti. Anche le forme giovanili di Copepodi costituiscono una importante componente della comunità mesozooplanctonica in tutti i siti esaminati, ma soli pochi *taxa*, *Paracalanus*, Acartidae, *Centropages*, *Clausocalanus*, *Oithona* e *Isias*, contribuiscono per oltre il 95% all'intero popolamento giovanile.

Sono state, inoltre, ritrovate 4 specie di Cladoceri, *Evadne spinifera*, *Evadne tergestina*, *Podon polyphemoides* e *Penilia avirostris*, insieme ad alcuni individui di ambienti di acqua dolce, appartenenti a Daphnidae e Bosminidae.

La lista dei *taxa* identificati è riportata in tabella 3.1, mentre in appendice è allegata una scheda con tutte le specie ritrovate, correlata da note sulla loro distribuzione ed ecologia.

I Copepodi *Paracalanus parvus*, *Oithona nana*, *Centropages ponticus*, *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia discaudata* var. *mediterranea* ed *Oithona similis*, insieme ai Cladoceri *Evadne spinifera*, *Evadne tergestina*, *Podon polyphemoides* e *Penilia avirostris* tutti insieme costituiscono il 95% del popolamento adulto a Copepodi e Cladoceri; per il loro ruolo di specie dominanti, per le abbondanze e per la ricorrenza delle loro fluttuazioni stagionali possono essere considerate specie chiave del popolamento zooplanctonico delle coste laziali.

Tra i Copepodi *Paracalanus parvus* è la specie più abbondante: si tratta di una specie caratteristica degli ambienti marini costieri, presente tutto l'anno ma con picchi di abbondanza stagionale primaverili (Cataletto *et al.*, 1995) o estivi (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995). Nei nostri campioni evidenzia un massimo stagionale a giugno ed un secondo incremento in alcune stazioni ad ottobre, ma si ritrova con densità discrete tutto l'anno. Sebbene l'andamento medio regionale evidenzi negli anni una ricorrenza poco definita, non si osservano variazioni particolari delle sue abbondanze negli anni. *P. parvus* risulta particolarmente abbondante nella stazione di Ladispoli e scarsamente presente a Zannone.

Oithona nana è al secondo posto tra le specie di copepodi per abbondanza; è una specie caratteristica di acque costiere e salmastre, con massimi stagionali in autunno, ma evidenzia anche incrementi primaverili (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995), in alcune aree

costiere è assente nei mesi estivi (Cataletto *et al.*, 1995), in altri invece risulta particolarmente abbondante proprio tra maggio e agosto (Daly Yahia *et al.*, 2003). Nei nostri campioni evidenzia un massimo stagionale in autunno, con incrementi in alcune stazioni anche invernali; si ritrova con densità più elevate a Rio Martino e minime a Zannone. Studi condotti nelle acque costiere del Mediterraneo mostrano come *O. nana* sia particolarmente dominante in acque eutrofiche o particolarmente inquinate (Jamet *et al.*, 2005; Krsinic, 1995), ma sembra che le sue elevate abbondanze in acque costiere siano legate più alle caratteristiche trofiche della specie, piuttosto che ad una particolare resistenza agli inquinanti. Infatti, *O. nana* sembra essere particolarmente adattata a nutrirsi di particelle ad ampio range di taglia (Jamet *et al.*, 2005).

Centropages ponticus è una specie di acque costiere con caratteristiche eurialine, sebbene sia ampiamente distribuita lungo le coste del Mediterraneo, in particolare alle foci dei fiumi o in ambienti confinati, è raramente riportata, probabilmente a causa della difficoltà nel distinguere questa specie dalle congeneriche. Nei nostri campioni evidenzia chiare fluttuazioni stagionali ricorrenti negli anni, con massimi estivi e minimi invernali; ed è presente con densità maggiori a Rio Martino e minime a Zannone, dove è sostituita dalla congenerica *C. typicus*.

Acartia clausi è una specie tipica delle acque costiere ed estuarine, con massimi di abbondanze stagionali primaverili ed estivi (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995; Cataletto *et al.*, 1995; Mozetič *et al.*, 1998), ma presente anche in periodi tardo-autunnali (Daly Yahia *et al.*, 2003). Nei nostri dati le fluttuazioni stagionali evidenziano dei massimi primaverili con incrementi anche tardo estivi in alcune stazioni; *A. clausi* è presente con densità medie simili a Ladispoli, Rio Martino e Monte d'Argento, quasi assente a Zannone. Le caratteristiche alimentari (filtratore misto e opportunista) di *A. clausi* la rendono una specie particolarmente versatile e con un ruolo ecologico importante sia per il controllo del fitoplancton attraverso il meccanismo di *grazing*, sia per il fatto che può a scelta nutrirsi di ciliati. Inoltre, le specie del genere *Acartia* sono particolarmente adattate ai bassi valori di salinità e ad alti regimi turbolenti, situazioni che caratterizzano gli ambienti di foce (Paffenhöfer e Stearns, 1988).

Euterpina acutifrons è una specie tipica di acque costiere salmastre, presente tutto l'anno con massimi di abbondanza nei periodi autunnali ed invernali (Cataletto *et al.*, 1995; Daly Yahia *et al.*, 2003; Jamet *et al.*, 2005), nei nostri campioni evidenzia un picco autunnale con incrementi anche primaverili. Le abbondanze massime si osservano a Rio Martino, le

minime a Zannone. La specie si ritrova con elevate densità nelle acque portuali (Specchi, 1976)

Oithona similis, presente anche in acque marine costiere, si ritrova comunemente in acque aperte; la si osserva prevalentemente in primavera (Ribera d'Alcalà *et al.*, 2004) o in autunno-inverno (Jamet *et al.*, 2005), ma raramente in estate (Cataletto *et al.*, 1995). I nostri dati evidenziano una spiccata stagionalità, con una discreta ricorrenza negli anni, in cui si osservano massimi primaverili ed incrementi invernali; questa specie è presente con maggiori densità a Foce Marta e minime a Monte d'Argento.

Acartia discaudata var. *mediterranea* è caratteristica di acque costiere ed estuarine. Nei nostri dati si osserva un massimo sviluppo nel periodo primaverile ed è presente principalmente a Ladispoli e praticamente assente a Zannone; questa specie è, inoltre considerata insieme alla congenerica *A. clausi* un organismo particolarmente resistente ad ambienti inquinati come le zone portuali (Specchi, 1976).

Podon polyphemoides è tra Cladoceri la specie più abbondante. E' tipica di acque costiere; si osserva in tutti gli ambienti portuali, più o meno inquinati, e in tratti di costa con acque pulite (Specchi, 1976). *P. polyphemoides* evidenzia massimi stagionali in primavera ed in autunno. I nostri dati evidenziano un massimo stagionale ad aprile e un ulteriore incremento ad ottobre, ma nella stazione di Fiumicino il massimo è estivo. Le densità maggiori si osservano a Monte d'Argento mentre a Zannone è praticamente assente.

Penilia avirostris è una specie tipica di acque costiere, generalmente con massimi stagionali nel periodo estivo e autunnale. La capacità di accrescere rapidamente la popolazione e di poter filtrare notevoli quantità di organismi di piccolissima taglia (nanoplancton) assegna a questa specie un ruolo importante nel controllo dello sviluppo fitoplanctonico estivo e nel trasferimento di energia attraverso il *microbial-loop* (Mozetič *et al.*, 1998; Turner *et al.*, 1988). Il ciclo stagionale delle abbondanze medie di *P. avirostris* nei nostri dati evidenzia un massimo dei valori di abbondanza nel mese di agosto, che in qualche stazione è "spostato" a settembre. Le densità massime sono osservabili a Rio Martino e le minime a Zannone.

Le specie *Evadne tergestina* ed *E. spinifera* sono presenti in acque costiere, ma hanno una distribuzione ubiquitaria; le densità massime si osservano in estate (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995) per la prima e in primavera e autunno per la seconda. Nel ciclo stagionale definito dai nostri dati si osserva per entrambe un picco nel mese di luglio.

L'andamento negli anni delle densità per queste specie evidenzia un *pattern* ricorrente e pressoché sovrapponibile. *E. tergestina* è presente con densità maggiori a Monte d'Argento, mentre *E. spinifera* a Foce Marta e, con valori paragonabili, anche a Zannone.

Le specie sopra descritte rappresentano l'elemento comune, quantitativamente rilevante e ricorrente nelle diverse serie esaminate. Il loro contributo sostanziale alla struttura della comunità è sostenuto anche da altri *taxa* che caratterizzano le comunità locali.

4.3. Applicazioni statistiche

Nell'analisi delle corrispondenze (CA) condotta sulla matrice composta dai dati relativi ai soli organismi oloplanctonici adulti (493 osservazioni e 111 *taxa*) osservati a tutte le stazioni, il primo asse separa tre gruppi di *taxa* e, in opposizione, lungo il secondo asse si dispone un'unica specie, *Podon polyphemoides*. I gruppi in opposizione separati dal primo asse sono caratterizzati da *taxa* con accentuata fluttuazione stagionale delle abbondanze; prevalentemente estiva-primaverile per i *taxa* posizionati nella porzione negativa dell'asse (*Penilia avirostris*, *Evadne tergestina*, *E. spinifera* e *Centropages ponticus*) e invernale-autunnale per quelli nella porzione positiva (*Clausocalanus paululus*, *Clausocalanus pergens*, *Oithona similis*, *Calocalanus pavo*, *Calocalanus pavoninus*, *Paracalanus nanus*, *Oncaea media*, *Oncaea curta*, etc), mentre nel nucleo centrale dell'ordinamento si dispongono *taxa* che, come abbiamo visto, evidenziano una distribuzione stagionale più ampia (*Paracalanus nanus*, *Acartia clausi*, *Oithona nana*, *Euterpina acutifrons*, *Appendicularie*, etc.), anche se caratterizzata da forti incrementi stagionali.

Allo scopo di individuare associazioni di *taxa* in grado di fornire indicazioni sulle caratteristiche dei diversi sistemi esaminati, mediante il Runs Test sono state selezionate specie la cui presenza è risultata statisticamente non casuale nelle diverse serie. Attraverso una tecnica di classificazione gerarchica, inoltre, nelle singole serie sono stati separati dei gruppi di osservazioni, la cui clusterizzazione è determinata prevalentemente dal fattore stagionale. Mediante l'ISA (Indicator Species Analysis) è stato stimato il valore indicatore dei *taxa* più significativi per i gruppi definiti all'interno delle serie mediante clusterizzazione e sono stati, quindi, individuati i gruppi tassonomici indicatori delle particolari condizioni che caratterizzano le diverse fasi stagionali nei diversi siti.

In generale si osserva in tutti i siti la presenza non casuale di un discreto numero di specie di Copepodi e di Cladoceri molte delle quali evidenziano un chiaro *pattern* stagionale ricorrente negli anni. Le stesse specie risultano nella maggior parte dei casi significative per i diversi gruppi di osservazioni separati mediante clusterizzazione. Appare chiara, quindi, una successione stabile nel tempo del popolamento zooplanctonico, con *taxa* tipicamente rappresentativi dei diversi periodi stagionali per ogni sito esaminato.

Sempre i Runs Test evidenziano per molte specie congeneriche che mostrano un pattern non compatibile con una presenza/assenza casuale nel tempo uno sfasamento delle presenze durante l'anno, a testimonianza di una tendenza per gli organismi verso una segregazione temporale dell'utilizzo delle risorse.

Mediante la procedura SIMPER, sono stati individuati i *taxa* che contribuiscono maggiormente al differenziamento delle comunità nei diversi siti di campionamento: le differenze tra i popolamenti sembrerebbero di tipo quantitativo piuttosto che qualitativo, ovvero è la proporzione di pochi *taxa* particolarmente abbondanti a generare dissimilarità tra i siti piuttosto che la presenza di specie diverse. Infatti, tra i *taxa* significativi selezionati si evidenziano principalmente stadi giovanili di Copepodi molto comuni (*Clausocalanus*, *Paracalanus*, Acartidae), specie di Cladoceri (*Penilia avirostris* e *Podon polyphemoides*) e Appendicolarie o le larve di alcuni gruppi meroplanctonici (Cirripedi, Lamellibranchi), tutti ampiamente distribuiti, ma che si esprimono diversamente dal punto di vista delle densità medie nei diversi siti esaminati.

Infine, tra i *taxa* con valori indicatori significativi in base all'ISA sono stati individuati quelli che presentavano maggiore specificità per le diverse aree indagate: la stazione che mostra la maggiore complessità del popolamento risulta, come prevedibile, Zannone, a cui si associano con più elevata specificità 33 *taxa* dei 78 significativi. La seconda stazione in ordine di complessità del popolamento risulta Rio Martino, con un numero di *taxa* confrontabile, mentre a Monte d'Argento viene assegnato un solo *taxon*, *Podon polyphemoides*: in accordo, a questo sito viene assegnato anche il valore minore di diversità (H).

L'applicazione delle tecniche statistiche ha permesso la ricerca di *pattern* nella struttura delle diverse comunità analizzate in rapporto alle particolari situazioni ambientali, consentendo, inoltre, di inferire le proprietà fisico-chimiche dell'ambiente in base alle modalità di distribuzione delle specie nello spazio e nel tempo.

L'insieme dei risultati ottenuti dalle diverse analisi ha consentito di definire i *taxa* più rappresentativi delle successioni stagionali nelle diverse stazioni durante il periodo esaminato ed ha evidenziato l'esistenza di differenze fra i siti.

4.4. Organismi zooplanctonici e indicatori ambientali

La possibilità di impiegare lo zooplancton come elemento di qualità biologica ai fini della caratterizzazione dello stato ambientale è argomento dibattuto da molto tempo; ad oggi non sono ancora disponibili dati sufficienti per poter definire la modalità o lo strumento da utilizzare affinché il segnale fornito da questa componente fondamentale dell'ecosistema possa essere registrato coerentemente in termini di qualità ambientale. Risulta sicuramente fondamentale la intercalibrazione dei dati zooplanctonici, affinché i risultati possano essere coerentemente rappresentati, sintetizzati e confrontati tra loro.

Quanto studio evidenzia per la prima volta le potenzialità di applicazione degli organismi zooplanctonici come indicatori ambientali in quanto, sebbene i diversi siti indagati mostrino dinamiche stagionali comuni, queste si esprimono attraverso la presenza di gruppi di specie diversi, vale a dire che benché vi sia una forma simile di risposta alle diverse situazioni ambientali, le risposte di per sé non sono tutte uguali. Di fatto, disponendo di serie di dati a lungo termine e di metodi di confronto tra un numero elevato di siti simili, ma sottoposti a diversi impatti ambientali, si possono sicuramente ottenere risultati sempre più indicativi e rappresentativi dello stato dei sistemi ecologici.

I risultati ottenuti dal confronto tra i dati di zooplancton e la classificazione CAM (Classificazione Ambiente Marino) evidenziano, inoltre, una coerenza tra i due parametri, sottintendendo un possibile ruolo da parte delle specie zooplanctoniche nel discriminare tra i diversi stati di qualità ambientale delle acque marine costiere.

Lo zooplancton, quindi, ancora di più di altri elementi già oggetto di indagine, dovrebbe essere regolarmente ed adeguatamente monitorato, sia per il suo ruolo funzionale nel sistema ecologico di per sé, sia per il tipo di risposta che offre alle diverse situazioni ambientali.

5. CONCLUSIONI

Il monitoraggio è uno strumento di indagine indispensabile per la conoscenza e la gestione delle risorse marine e un campionamento adeguato e prolungato nel tempo della componente biotica permette di individuare ciclicità naturali ed eventuali anomalie nelle dinamiche dei popolamenti.

Obiettivo principale dell'attività di ricerca è stato quello di individuare le risposte della comunità zooplanctonica alle diverse condizioni ambientali in un arco temporale di circa sette anni presso sei stazioni di prelievo, sulla base del riconoscimento di popolamenti caratteristici ed il confronto tra le diverse situazioni ambientali. Di fatto la grande quantità di campioni analizzati, con la identificazione degli organismi fino a livello di specie, costituisce il lavoro di base della ricerca e offre l'opportunità di disporre di una lista di specie considerevole e più dettagliata rispetto al passato per l'area oggetto di studio.

Su questo elemento tassonomico basilare è stato possibile applicare metodologie statistiche avanzate, attraverso le quali sono state sintetizzate le seguenti informazioni:

- le comunità zooplanctoniche costiere analizzate sono risultate simili nella forma, esibendo in tutti i siti campionati forti segnali di stagionalità, ma non nel contenuto, in quanto tale segnale si esprime attraverso gruppi di specie differenti nelle diverse aree indagate;
- l'utilizzo delle comunità zooplanctoniche come indicatrici di qualità ambientale è supportata dal fatto che è in grado di separare i diversi siti;
- il campionamento quindicinale della comunità zooplanctonica rappresenta la frequenza minima di indagine, in quanto è conforme con i cicli vitali delle specie.

La regolarità di fondo che caratterizza le serie analizzate e la possibilità di riconoscere gruppi di *taxa* caratteristici delle diverse situazioni ambientali testimonia, quindi, l'importanza dello studio di queste componenti dell'ecosistema marino ai fini dell'identificazione di eventuali perturbazioni, sia di natura temporanea, sia di più lungo termine dell'ecosistema marino costiero.

L'attività di monitoraggio condotta a livello nazionale dal 2001 si configura, per la sua regolarità, come una vera e propria fonte di serie storiche la cui analisi consente valutazioni che tengono conto della variabilità interannuale, oltre che dei fenomeni a breve scala, e in grado di offrire utili indicazioni per avviare eventuali azioni di prevenzione e

risanamento. Purtroppo, l'interruzione delle attività del Programma di Monitoraggio Marino Costiero del Ministero dell'Ambiente a gennaio del 2007 costituisce una circostanza negativa, sia per la mancanza di continuità delle informazioni sia perché, all'atto della ripresa dei lavori è stato stabilito, la diminuzione della frequenza di campionamento da quindicinale a mensile.

6. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006. *Studi costieri. Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. N. 10, Lo stato dei litorali italiani*. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero.
- Acri F., Bianchi F., Bernardi Aubry F., Berton A., Boldrin A., Camatti E., Cassin D e Comaschi A. (2003). *Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?*. Marine Poll Bull, 46: 964-971
- Aguzzi L., Monfrinotti M., Scardi S., Castelli S., Ravizza P., Fresi E. (2006). *Il popolamento mesozooplanctonico nel monitoraggio delle coste laziali: comparazione di serie storiche*. Biol Mar Medit, 13 (1): 202-205
- Alcaraz M., Saiz E., Estrada M. (1994). *Excretion of ammonia by zooplankton and its potential contribution to nitrogen for primary production in the Catalan Sea (NW Mediterranean)*. Marine Biology, 119: 69-76
- Allredge A.L. (1976). *Field behaviour and adaptive strategies of appendicularians (Chordata: Tunicata)*. Mar Biol, 38: 28-39
- Batchelder H.P., Berth J.A., Kosro P.M., Sturb P.T., Brodeur R.D, Peterson W.T., Tynan C.T., Ohman M.D., Botsford L.W., Powell T.M., Schwin F.B., Ainley D.G., Mackas D.L., Hickey B.M. e Ramp S.R (2002). *The GLOBEC Northeast Pacific California Current System Program*. Oceanography 15: 36-47
- Beaugrand G. (2004). *Monitoring marine plankton ecosystems. I: Description of an ecosystem approach based on plankton indicators*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 269: 69-81
- Beaugrand G., Brander K.M., Lindley J.A., Souissi S. e Reid P.C. (2003). *Plankton effect on cod recruitment in the North Sea*. Nature, 26: 661-664
- Beaugrand G., Ibanez F., Lindley J.A. e Reid P.C. (2002a). *Diversity of calanoid copepods in the North Atlantic and adjacent seas: species associations and biogeography*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 195: 179-195
- Beaugrand G., Reid P.C., Ibanez F., Lindley J.A. e Edwards M. (2002b). *Reorganization of North Atlantic Marine Copepods Biodiversity and Climate*. Science, 296: 1692-1694
- Beaugrand G., e Ibanez F. (2004). *Monitoring marine plankton ecosystem. II: Long-term changes in North Sea calanoid copepods in relation to hydro-climatic variability*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 284: 35-47
- Benzécri J.P. et coll. (1973). *L'Analyse des Données*. 2 vols, Dunod, Paris, France

- Blandin M. (1986). *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques*. Bull Ecol, 17(4): 211-307
- Boisson M., Corletti Y., Vaissiere R. (1985). *Variation de la biomasse de la zooplanctonique en baie de Monaco*. Rapp proc-verb reun C.I.E.S.M.M., 29 (9): 311-317
- Boni C., Petitta M., Preziosi E., Sereni M., 1996. *Idrogeologia*. Da: "Il Mare del Lazio. Oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarin, dinamica dei sedimenti e apporti continentali. pp. 220-261.
- Bonnet D. e Frid C. (2004). Seven copepod species considered as indicator of water-mass influence and changes: results from a Northumberland coastal station. ICES Journal of Marine Science, 61: 485-491
- Boucher J., Ibañez F., Prieur L. (1987). *Daily and seasonal variation in the spatial distribution of zooplankton population in relation to the physical structure in the Ligurian Sea front*. J Mar Res, 45: 133-173
- Bray R.J. & Curtis J.T.(1957). *An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin*. Ecol. Monogr., 27: 325-349
- Calbet A., Garrido S., Saiz E., Alcaraz M., e Duarte M.C. (2001). *Annual Zooplankton Succession in Coastal NW Mediterranean Waters: The importance of the Smaller Size Fraction*. J Plankton Res, 23(3): 319-331
- Camatti E., Comaschi A., Coppola J., Dilani L., Minocci M., Socal G. (2006). *Analisi dei popolamenti zooplanctonici nella Laguna di Venezia dal 1975 al 2004*. Biol Mar Medit, 13 (1): 46-53
- Campbell R.W., Dower J.F. (2003). *Role of lipids in the maintenance of neutral buoyancy by zooplankton*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 263: 93-99
- Cannicci G., (1958). *Observations sur les cladoceres dans la zone neritique de la cote italienne*. Rapp Comm Int Med, 14: 222-241
- Cannicci G., (1959). *Considerazioni sulla possibilità di stabilire "indicatori ecologici" nel plancton mediterraneo*. Boll Pesca Piscic Idrobiol, Anno XXXV, 2: 164-188
- Carli A e Crisafi P. (1983). *Copepodi lagunari*. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane AQ/1/230 vol 11.: 126 pp
- Cataletto B., Feoli E., Fonda Umani S. e Cheng-Yong S. (1995). *Eleven years of time-series analysis on the net-zooplankton community in the Gulf of Trieste*. ICES Journal of Marine Science, 52: 699-678

- Christopher L., Frid J e Huliselan N. (1996). *Far-field control of long term change in Northumberland (NW North Sea) coastal zooplankton*. ICES Journal of Marine Science, 53: 972-977
- Citarella G. (1973). *Zooplankton et pollution*. Cah Biol Mar, 12: 57-63
- Clarke K.R. (1993). *Non-parametric multivariate analysis of change in community structure*. Australian Journal of Ecology, 18: 117:143
- Clutter R. . and Anraku M. (1968). *Avoidance of samplers*. In: Tranter D.J. and Fraser J. H. (Eds), Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology “. UNESCO, Paris: 57-66
- Cognetti G., Sarà M., Magazzù G. (2004). *Biologia Marina*. Ed. Calderoni: 596 pp
- Cruscanti M., Aguzzi L. Nocciolini S., Caldarini J., Calvanella S. (2004). *Composizione e distribuzione del genere Acartia (Copepoda, Calanoidi) nel Tirreno Centro-Setentrionale. Dati preliminari*. Biol Mar Medit, 11 (2): 318-321
- Dahms H.U. (1995). *Dormancy in Copepoda - an overview*. Hydrobiologia, 306: 199-211
- Daly Yahia M.N., Sopissi S., Daly Yahia-Kéfi O. (2003) *Spatial and Temporal Structure of Planktonic Copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea)*. Zoological Studies, 43 (2): 23-375
- Decker M.B., Breitberg D. e Marcus N.H (2003). *Geographical differences in behavioral responses to hypoxia: local adaptation to an anthropogenic stressor?*. Ecol Appl, 13: 1104-1109
- Di Capua I. e Mazzocchi M.G., (2006). *Lo studio dello zooplankton nelle acque costiere della Campania*. Atti del Convegno: Gestione e tutela dell'ambiente marino costiero in Campania. Risultati e prospettive delle attività di monitoraggio degli ecosistemi, realizzate nell'ambito della linea d'azione nazionale Si.Di.Mar. Napoli 6 luglio 2005: 53-60
- Di Girolamo I. (2003). *Il programma di monitoraggio per il controllo degli ambienti marino-costieri italiani del Ministero dell'Ambiente*. Ann Ist Super Sanità 39 (1): 105-109
- Dufrene M. & Legendre P. (1997). *Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach*. Ecological Monographs, 67: 345-366
- Dussart B.M. (1965). *Les différentes catégories de plancton*. Hydrobiologia, 26: 72-74
- Edward M., Licandro P., John A.W. e Johns D.G. (2005). *Ecological Status Report 2003/2004. Result from the CPR survey 2003/2004*. SAHFOS Technical Report, No. 2: 1-6

- Edwards M. e Richardson A.J. (2004). *Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch*. Nature 430: 881-884
- Estrada M., Vives F., Alcaraz M. (1985). *Life and Productivity of the open sea*. In Westernn Mediterranean: pp. 148-197. Ed by Margalef. Pergamon Press, Oxford.
- Fenchel T. (1988). *Marine plankton food chains*. Ann Rev Ecol Syst, 19: 19-38
- Fonda Umani S. (1992). *Successioni fito, micro e mesozoo-planctoniche nell'Alto Adriatico*. Atti del V Congresso SITE: 221-246
- Fonda Umani S. (1996). *Pelagic production and biomass in the Adriatic Sea*. Sci Mar, 60: 65-70
- Forward R. B. (1988). *Diel Vertical Migration: Zooplankton Photobiology and Behavior*. Oceanogr Mar Biol Ann Rev, 26: 361-393
- Fraser J.H. (1968). *Standardization of zooplankton sampling methods at the sea*. In: Tranter D.J. and Fraser J. H. (Eds), Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology “. UNESCO, Paris: 145-169
- Fresi E. (1989). Fauna e ambiente: appunti per una lettura biologica degli ecosistemi marini. In: Zoologia oggi. Collana UZI. Problemi di biologia e di storia della natura. Vol 2 Ed. Mucchi, Modena:133-137
- Frontier S. (1972). *Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton*. J Exp Mar Biol Ecol, 8: 121-132
- Furnestin M.L., (1970). *La notion d'indicateur*. I. Présentation du thème. J Etud Planctonol, Monaco. Comm int Explor scient Mer Médit,:21-26
- Ghirardelli E. e Rottini L. (1974). *I Chetognati di Trieste. Frequenza e stadi di maturità*. Atti 5° Congresso S.I.B.M. Nardò
- Ghirardelli E., (1969). *Lo zooplancton dell'Alto Adriatico ed il problema degli indicatori*. Pubbl Staz Zool Napoli, 37(suppl): 25-39
- Gonzalez H.E. & Smetacek V. (1994). *The possible role of the cyclopoid copepod Oithona in retarding vertical flux of zooplankton faecal material*. Mar Ecol Prog Ser, 113: 233-246
- Gorsky G. & Fenaux R. (1988). *The role of Appendicularia in marine food webs*. In: Q. Bone (Eds). The biology of pelagic Tunicates. Oxford Univ. Oress: 161-169
- Guglielmo L. 1973). *Distribuzione quantitativa dello zooplancton in aree portuali inquinate della Sicilia orientale (Milazzo ed Augusta)*. Atti del 5° colloquio Internazionale di Oceanografia medica, Messina. Licosa-Firenze: 399-422

- Hansen J. L. S., Kiørbe T. e Alldredge L. (1996). *Marine snow derived from abandoned larvacean house: sinking rates, particle content and mechanism of aggregate formation*. Mar Ecol Prog. Ser, 141: 205-215
- Harris R., Wibe P., Lenz J., Skjoldal H.N. e Huntley M. (2000). *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press: 684 pp
- Hays G.C., Richardson A.J., Robinson C. (2005). *Climate change in marine plankton*. Trends in Ecology and Evolution, 20(6): 337-344
- Hensen V. (1887). *Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren*. V. Bericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Paul Parey, Berlin: 108 pp
- Hoepffner N., DOWELL M.D., Edwards M., Fonda-Umani S, Green D.R., Greenaway B., Hansen B., Heinze C., Leppanen J.M., Lipiatou E., Ozsoy E., Philippart K., Salomons W., Sanchez-Arcilla A., Schrimpf W., Schrum C., Theocharis A., Tsimplis M., Veloso Gomes F., Wakenhut F., Zaldivar J.M. (2006). *Marine and Coastal Dimension of Climate Change in Europe. A report to the European water Directors*. European Commission. DG Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. EUR Scientific and Technical Research Series ISSN1018-5593: pp 120
- Hooff R.C.e Peterson W.T. (2006). *Copepod biodiversity as an indicator of change in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem*. Limnol. Oceanogr., 51(6): 2607-2620
- Hook S.E. e Fisher N.S. (2001). *Reproductive toxicity of metals in calanoid copepods*. Mar Biol, 138: 1131-1140
- Hsieh C.H., Chiu T.S. e Shih C.T. (2004). *Copepod Diversity and Composition as Indicators of Intrusion of the Kuroshio Branch Current in the Northern Taiwan Strait in Spring 2000*. Zoological Studies 43(2): 393-403
- Hure J. e Scotto di Carlo B. (1968). *Comparazione tra lo zooplancton del Golfo di Napoli e dell'Adriatico meridionale presso Dubrovnik. I. Copepodi*. Pubbl Staz Zool Napoli, 36: 21-102
- Hure J., Ianora A. e Scotto di Carlo B. (1980). *Spatial and temporal distribution of copepodi communities in the Adriatic Sea*. J Plankton Res, 2(4): 295-316
- Huys R. & Boxshall G.A. (1991). *Copepod Evolution*. The Ray Society, London: 486
- ICRAM ANPA (2001). *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di Monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)*. Roma. ICRAM e Ministero dell'ambiente e delle Tutela del Territorio-Servizio Difesa Mare.

- Ingrid G.T., Andersen T., Vadstein O. (1996). *Pelagic food web and eutrophication of coastal water: impact of grazer on algal communities*. Mar Pollut Bull. 33:1-6
- Jaccard P. (1900). *Contribution au problème de l'immigration post-glaciaire de la flore alpine*. Bull Soc vaudoise Sci nat, 36: 87-130.
- Jamet J.L., Jean N., Bogé G., Richard and Jamet D. (2005). *Plankton succession and assemblage structure in two neighbouring littoral ecosystems in the north-west Mediterranean Sea*. Marine and freshwater research, 56: 69-83
- Kjørboe T. (1993). *Turbulence phytoplankton cell size and the structure of pelagic food webs*. Advances in Marine Biology, 29: 1-72
- Kovalev A.V., Mazzocchi M.G., Kideys A.E., Tuklu B., Skryabin V.A. (2003). *Seasonal Changes in the composition and abundances of zooplankton in the Seas of the Mediterranean Basin*. Turk J Zool, 27: 205-219
- Kovalev A.V., Mazzocchi M.G., Siokou-Frangou I., Kideys A.E., (2001). *Zooplankton of the Black Sea and the Eastern Mediterranean: similarities and dissimilarities*. Medit Mar Sci, 2/1: 69-77
- Krsinic F. (1995). *Changes in the microzooplankton assemblages in the northern Adriatic Sea during 1989 to 1992*. J Plankton Res, 17: 935-953
- Lakkis S. (1990). *Composition, diversité et Successions des copépodes planctoniques des eaux libanaises (Méditerranée Orientale)*. Oceanologica Acta, 13 (4): 489-501
- Lalli C.M. and Parsons T.R. (1997). *Biological Oceanography. An introduction. Second Edition*. Butterworth-Heinemann, Oxford: 314 pp
- Legendre L. & Legendre P. (1983). *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam, 419 pp.
- Lenz J. (1978). *Introduction*. In: Zooplankton Methodology Manual. Harris R.P., Wibe P. H., Lenz J., Skjodal H.R. and Huntley M (Eds) Academic Press: 1-32
- Levi D., (1969). *Osservazioni sul plancton del porto di Civitavecchia*. Pubbl Staz Zool Napoli, 37(suppl): 421-433
- Licandro P. Conversi A., Ibanez F. e Jossi J. (2000). *Time series analysis of interrupted data set (1961-1991) of zooplankton abundances in Gulf of Maine (Northern Atlantic, USA)*. Oceanologica Acta 24 (5): 453-466
- Licandro P. e Ibanez F. (2000). *Changes of zooplankton communities in the Gulf of Tigullio (Ligurian Sea, western Mediterranean) from 1985 to 1995. Influences of hydroclimatic factors*. J Plankton Res, 22: 2225-2253

- Lindley J.A., Donkin S.V., Evans S.V. e Gorge C.L. (1999). *Effects of 2 organochlorine compounds on hatching and viability of calanoid copepodi eggs*. J Exp Mar Biol Ecol, 242: 59-74
- Lindley J.A., Gamble J.C., Hunt H.G. (1995). *A change in the zooplankton of the Central North Sea (55° to 58° N): a possible consequences of changes in the benthos*. Mar Ecol Prog Ser, 119: 299-303
- Lutz R.V. Marcus N.H. e Chanton J.P. (1992). *Effect of the low oxygen concentration on the hatching and viability of eggs of marine calanoid copepods*. Mar Biol, 114: 241-247
- López-Urrutia A., Harris R.P., Smith T. (2004). *Predation by calanoid copepods on the appendicularian Oikopleura dioica*. Limnol Oceanogr, 49 (1): 303-307
- Marcus N.H. (2004). *An overview of the Impact of Eutrophication and Chemical Pollutants on Copepod of the Coastal Zone*. Zoological Studies, 43(2): 211-217
- Marcus N.H., Lutz R.V. (1994). *Effect of anoxia on the viability of subitaneus eggs of planktonic copepods*. Mar Biol, 121: 83-87
- Marcus N.H., Lutz R.V. e Chanton J.P. (2004). *Impact of anoxia and sulfide on the viability of eggs of three planktonic copepods*. Mar Ecol-Prog Ser, 146: 291-295
- Mazzocchi M.G. e Ribera d'Alcalà M. (1995). *Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment*. ICES Journal of Marine Science, 52: 679-691
- Molinero J.C., Ibanez F., Nival P., Buecher E Souissi S. (2005). *North Atlantic climate and the northwestern Mediterranean plankton variability*. Limnol Oceanogr, 50(4): 164-171
- Mozetič P., Fonda Umani S., Cataletto B. e Malej A. (1998). *Seasonal and inter-annual plankton variability in the Gulf of Trieste (northern Adriatic)*. ICES Journal of Marine Science, 55: 711-722
- Newell G.E., & Newell R.C. (1996). *Marine Plankton. A practical guide*. Htchinson of London: 244 pp
- Nival P. Maloga G., Charra R., Nival S., Palaccoli J. (1972). *Evolution annuelle des biomase de phytoplancton e zooplancton dans la Mar Ligure*. C r Acad Sci D, 275 (12): 1295-1298
- Ohman M.D. & Hirche H.J (2001). *Density-dependent mortality in an oceanic copepod population*. Nature 412: 638-641

- Omori M e Ikeda T. (1992). *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. Krieger Publishing Company Malabar, Florida: 332 pp
- Paffenhöfer G.A e Stearns D.E. (1988). *Why is Acartia tonsa (Copepoda: Calanoida) restricted to nearshore environments?* Mar Ecol Prog Ser, 42: 33-38
- Paffenhöfer G.A. e Mazzocchi M.G. (2002). *On some aspects of the behaviour of Oithona plumifera (Copepoda: Cyclopoida)*. J Plankton Res, 24:129-136
- Pearre S. Jr. (1979). *Problems of detection and interpretation of vertical migration*. J Plank Res, 1: 29-44
- Perry R.I., Batchelder H.P., Mackas D.L., Chiba S., Durbin E., Greve W. and Werheye H.M. (2004). *Identifying global synchronies in marine zooplankton population: issue and opportunities*. ICES Journal of Marine Science, 61: 445-456
- Philippart C.J.M., Anadon R., Danovaro R., Dippner J.W., Drinkwater K.F., Hawkins S.J., O'Sullivan G., Oguz T., Reid C.P. (2007). *Impact of Climate Change on the European Marine and Coastal Environment. Ecosystem Approach*. Marine Board. European Science Foundation: pp 83
- Planque B. e Taylor A.H. (1998). *Long-term change in zooplankton and the climate of the North Atlantic*. ICES Journal of Marine Science, 55: 644-654
- Plounevez S. & Champalbert G. (2000). *Diet, feeding behaviour and trophic activity of the anchovy (Engraulis encrasicolus L.) in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea)*. Oecologia Acta, 23 (2): 175-192
- Puddu A., Lombardi F., Sequi R. (1983) *Distribuzione ed evoluzione delle comunità planctoniche*. Quad Ist Ric Acque (IRSA), 66:169-199
- Ravera O. (2001). *Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutants: a review*. J Limnol, 60(suppl): 63-78
- Razouls C., e Durand J. (1991). *Inventaire des Copépodes planctoniques Méditerranéens*. Vie Milieu, 41 (1): 73-77
- Reeve M.R., Gamble J.C. e Walter M.A. (1997). *Experimental observations on the effects of copper on copepods and other zooplankton: controlled ecosystem pollution experiment*. Bull Mar Sci, 27: 92-104
- Reeve M.R., Grice G.D., Gibson V.R., Walter M.A., Darccy K. e Ikeda T. (1976). *A controlled environmental pollution experiment (CEPEX) and its usefulness in the study of large marine zooplankton under toxic stress*. In: Effect pollutions on aquatic organism, AMP Lockwood, ed. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press: 145-162

- Reid P.C. (2001) *Climate change and Continuous Plankton Recorder survey*. The Marine Observer, July: 118-123
- Ribera d'Alcalà M., Conversano F., Corato F., Licandro P., Mangoni O., Marino D., Mazzocchi M.G., Modig M., Montresor M., Nardella M., Saggiomo V., Sarno e Zingone A. (2004). *Seasonal patterns in plankton communities in a pluriannual time series at a coastal Mediterranean site (Gulf of Naples): an attempt to discern recurrence and trends*. Sci Mar, 68 (Suppl. 1): 65-83
- Rodrigues J. (1983). *Estudio de una comunidad neritico en el Mar de Alboran: II. Ciclo del zooplancton*. Boletín del Instituto Espanol de Oceanografia, 1 (1): 19-44
- Rose M. (1933). *Copépodes pélagiques*. Faune de France 26: 1-374
- Russel F.S. (1935). *On the value of certain plankton animals as indicator of water movements in the English Channel and North Sea*. J Mar Biol Ass UK, 20(2): 309-332
- Saggiomo V. e Adamo N., (2006). *Sintesi delle attività di monitoraggio e prospettive future*. Atti del Convegno: Gestione e tutela dell'ambiente marino costiero in Campania. Risultati e prospettive delle attività di monitoraggio degli ecosistemi, realizzate nell'ambito della linea d'azione nazionale Si.Di.Mar. Napoli 6 luglio 2005 127-138
- Sameoto D., Wibe P., Runge J., Postel L., Dunn J., Miller C., and Coobs S. (2000). *Collecting zooplankton*. In: Zooplankton Methodology Manual. Harris R.P., Wibe P. H., Lenz J., Skjoldal H.R. and Huntley M (Eds) Academic Press: 55-81
- Sanavio G., Lionello M., Osti M., Soccorso C. (2006). *Popolamenti zooplanctonici delle acque marino costiere antistanti la costa veneta*. Biol Mar Medit, 13 (1): 1049-1051
- Sanders N.K., Childress J.J. (1988). *Ion replacement as a buoyancy mechanism in a pelagic deep sea crustacean*. J Exp Biol, 138: 333-343
- Scardi M. (2001). *Tecniche di analisi dei dati in Ecologia*. Reperibile sul sito <http://www.mare-net.com/mscardi>.
- Schütt F. 1892. *Analytische Planktonstudien*. Lipsius & Tischer.
- Scotto di Carlo B. (1985). *Appunti sullo zooplancton del Mediterraneo*. Nova Thalassia, 7. Suppl 3: 83-97
- Shanks A & Walters K. (1997). *Holoplankton, meroplankton and meiofauna associated with marine snow*. Mar Ecol Prog Ser, 156: 75-86
- Shannon C. (1948). *A Mathematical Theory of communications*. Bell System technical Journal, 27: 379-423, 623-656.

- Sheridan C. C e Michael R.L. (2004). *A 9-year increasing trend in mesozooplankton biomass at the Hawaii Ocean Time-series Station ALHOA*. ICES Journal of Marine Science, 61: 457-463
- Sieburth J. McN. (1976). *Bacterial substrates and productivity in marine ecosystem*. Ann. Rev. Ecol. Syst. 7: 259-285.
- Sieburth J. McN., Smetacek V.J.L. and Lenz J. (1978). *Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions*. Limnol. Oceanogr., 23: 1256-1263
- Siokou-Frangou I. (1996). *Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area*. J Plankton Research, 18: 203-223
- Siokou-Frangou I. (1996). *Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area*. J Plankton Res, 18: 203-223
- Siokou-Frangou I., Verriopoulos G., Yannopoulos C., Moraitou-Apostolopoulou M. (1995). *Differentiation of zooplankton communities in two neighbouring shallow seas*. In: Biology and Ecology of shallow coastal waters: proceedings of the 28th European Marine Biology Symposium, eds Fredensborg, Denmark Olsen and Olsen: 87-97
- Specchi M. (1976). *Indicatori ecologici di inquinamento marino: zooplancton*. Archo Oceanogr Limnol 18 suppl 3: 23-44
- Specchi M., Fonda Umani S., Radini G. (1981). *Les fluctuations du zooplancton dans une station fixe du golfe de Trieste (Haute adriatique)*. Rapp proc-verb reun C.I.E.S.M.M. 27(7): 97-100
- Steedman H.F. (1968). *General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton*. In: Steedman H.F. (Eds). Zooplankton fixation and preservation. Monographs on Oceanographic Methodology “. UNESCO, Paris: 103-171
- Steele J. e Henderson E, (1998). *Vertical Migration of copepods*. J Plankton Res, 20: 787-799
- Summerhayes C.P. e Thorpe S.A. (1996). *Oceanography. An illustrated Guide*. Manson Publishing. Southampton Oceanography Centre: 352 pp
- Todd C.D. & Laverack M.S. (1991). *Coastal Marine Zooplankton. A practical manual for students*. Cambridge University Press. pp 106
- 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.

- Trunter D.J. and Smith P.E. (1968). *Filtration performance*. In: Tranter D.J. and Fraser J. H. (Eds), Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology “. UNESCO, Paris: 27-56
- Tudela S. & Palomera I. (1997). Trophic ecology of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Catalan Sea (northwest Mediterranean). *Mar Ecol Prog ser*, 160: 121-13
- Turner J. T. & Ferrante J. G. (1979). *Zooplankton Fecal Pellets in Aquatic Ecosystems* BioScience, 29 (11): 670-677
- Turner J.T. , Tester P.A. e Ferguson R.L. (1988). The marine cladoceran *penilia avirostris* and the “microbial loop” of pelagic food webs. *Limnol Oceanogr.* 33: 245-255
- Turner J.T., Tester P.A, (1997). *Toxic marine phytoplankton, zooplankton grazers, and pelagic food webs*. *Limnol. Oceanogr.*, 42: 1203-1214
- Turner J.T., Tester P.A., Hansen P.J. (1998). *Interaction Between Toxic Marine Phytoplankton and Metazoan and Protistan Grazers*. In: Anderson DM, Cembella A, Hallegraeff G (eds). The physiological ecology of harmful algae blooms, NATO ASI Series, Vol G41. Springer-Verlag, berlin. pp 453-474
- Turner J.T., Tester P.A., Lincoln J.A., Carlsson P., Granéli E. (1999). *Effect of N:P:Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea. III. Zooplankton populations and grazing*. *Aquat Microb Ecol*, 18: 67-75
- Uye S.I. (1994). *Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: cause and consequence*. *Hydrobiologia* 299/293:513-519
- Valdés L. e Moral M. (1998). *Time-series analysis of copepod diversity and species richness in southern Bay of Biscay off Santander, Spain, in relation to environmental conditions*. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 783-792
- Valdes L., Harris R., Ikeda T., McKinnel S. and Peterson W.T. (2004). *The Role of Zooplankton in Global Ecosystem Dynamics: Comparative studies from the World Ocean*. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 441-444
- Villate F., Moral M. e Valencia V. (1997). *Mesozooplankton community indicates climate changes in a shelf area of inner Bay of Biscay throughout 1988 to 1990*. *J Plankton Res*, 19: 1183-1204
- Vinogradov M.E. (1971). *Studies of the life activity of oceanic biological systems*. pp. 1-9. In Vinogradov, M.E. [ed.] Life activity of pelagic communities in the ocean tropics. Transl. 1973. Israel Progr. Scient. Transl. Jerusalem

- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G. e A. Rinaldi, (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal water with special reference to the NW Adriatic Sea: *proposal for a trophic scale, turbidity and generalized Water Quality Index*. Environmetrix, 9: 329-357.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G. e Rinaldi A. (1998). *Characterization of the trophic conditions of marine coastal water with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index*. Environmetrix, 9: 329-357
- Walker G.T. (1924). *Correlation in seasonal variations of weather*. Memoirs of the Indian Meteorology Department, 24: 275-332
- Webber M., Edwards-Myers E., Campbell C e Webber D.(2005). *Phytoplankton and zooplankton as indicators of water quality in Discovery Bay, Jamaica*. Hydrobiologia, 545: 177-193
- White S., Rakshesh M., Sarma V.S., Rajanna B. e Raman A.V. (2006). *Discriminating zooplankton assemblages through multivariate methods: a case for tropical polluted harbour and Bar-built estuary*. Chemistry and Ecology, 22: 225-237
- Yamazi I. (1964). Structure of the netted plankton communities in the inner area of the Gulf of Naples in September 1962. Pubbl Staz Zool Napoli, 34: 96-136
- Young M.C., Sewell M.A., Rice E.M. (2002). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. M.C. Young (Eds). Academic Press: 626 pp
- Zunini Sartorio T. (1990a). *Campionamento dello zooplancton*. In: Metodi nell'ecologia dello zooplancton marino. Nova Thalassia, Vol. 11. SIBM-Comitato plancton: 265-275
- Zunini Sartorio T. (1990b) *Stima della densità zooplanctonica*. In: Metodi nell'ecologia dello zooplancton marino. Nova Thalassia, Vol. 11. SIBM-Comitato plancton: 285-288

7. ALLEGATI

- 7.1. Tabelle con valori di densità medi, deviazione standard ed errore standard della media
- 7.2. Schede ecologiche delle specie zooplanctoniche identificate
- 7.3. Figure delle specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative
- 7.4. Risultati dell'indice di Classificazione CAM (Classificazione Acque Marine)

7.1. Tabelle dati con valori di densità medi, deviazione standard e errore standard della media

Sono riportate le tabelle dei dati utilizzati per la realizzazione di alcune delle rappresentazioni grafiche, con i valori medi, le deviazioni standard (S) e gli errori standard della media (S_r).

Tabella 1. Densità medie (ind/m³), deviazioni standard (S) ed errori standard della media (S_r), per i principali gruppi del popolamento zooplanctonico (Copepodi, Cladoceri ed "Altri gruppi"), calcolate a livello regionale da agosto 2001 a gennaio 2007. Con n è indicato il numero delle misure.

		COPEPODI				CLADOCERI				ALTRI GRUPPI				TOTALE ZOOPLANKTON			
		Densità medie (ind/m ³)	(S)	(S_r)	n	Densità medie (ind/m ³)	(S)	(S_r)	n	Densità medie (ind/m ³)	(S)	(S_r)	n	Densità medie (ind/m ³)	(S)	(S_r)	n
2001	agoA	594.7	668.4	272.9	6	289.8	226.2	92.3	6	157.8	108.8	44.4	6	1042.2	682.0	278.4	6
	agoB	64.9	67.0	27.3	6	280.0	428.2	191.5	5	42.8	36.1	14.7	6	387.7	475.6	194.1	6
	setA	727.0	568.9	232.3	6	42.4	21.6	9.7	5	176.2	91.0	37.2	6	945.7	622.8	254.3	6
	setB	123.1	134.7	55.0	6	48.9	38.5	17.2	5	36.5	23.1	9.4	6	208.5	138.3	56.5	6
	ottA	54.5	64.7	26.4	6	4.2	3.4	1.5	5	90.6	88.4	36.1	6	149.3	99.7	40.7	6
	ottB	63.8	28.6	11.7	6	14.5	18.3	8.2	5	84.4	50.8	20.7	6	162.8	63.0	25.7	6
	novA	49.7	50.7	20.7	6	0.3	0.3	0.2	5	30.4	29.8	12.2	6	80.4	51.4	21.0	6
	novB	80.8	93.0	38.0	6	0.5	0.7	0.3	5	30.4	31.4	12.8	6	111.7	124.3	50.7	6
	dicA	79.5	52.4	21.4	6	0.4	0.4	0.2	5	48.8	40.8	16.7	6	128.7	90.8	37.1	6
	dicB	37.7	18.2	7.4	6	0.0	0.1	0.0	5	26.6	28.9	11.8	6	64.3	44.3	18.1	6
2002	genA	29.5	5.9	2.4	6	0.1	0.1	0.0	6	21.4	15.2	6.2	6	51.0	15.6	6.4	6
	genB	86.9	69.1	28.2	6	0.8	1.5	0.7	5	111.2	179.4	73.3	6	199.0	184.9	75.5	6
	febA	669.0	719.1	293.6	6	14.7	16.8	7.5	5	143.4	174.0	71.0	6	827.1	898.0	366.6	6
	febB	215.9	308.5	126.0	6	36.9	79.1	35.4	5	81.2	102.1	41.7	6	334.0	330.6	135.0	6
	marA	472.5	264.4	107.9	6	150.9	264.5	118.3	5	106.2	100.1	40.9	6	729.7	380.5	155.3	6
	marB	582.9	562.0	229.4	6	135.1	254.2	113.7	5	142.2	214.6	87.6	6	860.3	672.9	274.7	6
	aprA	500.8	347.5	141.9	6	51.3	89.6	40.1	5	111.3	81.2	33.1	6	663.4	439.4	179.4	6
	aprB	1099.7	1337.7	546.1	6	230.9	357.9	160.1	5	205.3	140.0	57.2	6	1535.9	1733.0	707.5	6
	magA	819.0	743.0	303.3	6	206.9	469.9	210.1	5	198.7	191.0	78.0	6	1224.5	745.9	304.5	6
	magB	1026.2	1084.3	442.7	6	144.1	202.4	90.5	5	170.6	87.3	35.6	6	1340.9	1054.0	430.3	6
	giuA	397.9	215.6	88.0	6	198.4	186.1	83.2	5	163.8	111.4	45.5	6	760.2	334.1	136.4	6
	giuB	921.8	1071.2	437.3	6	166.2	154.1	68.9	5	313.1	294.7	120.3	6	1401.0	1379.4	563.1	6
	lugA	583.3	534.7	218.3	6	518.7	1027.6	459.6	5	420.3	365.7	149.3	6	1522.3	1694.3	691.7	6
	lugB	839.4	1412.0	576.4	6	624.7	827.7	370.1	5	432.0	344.3	140.6	6	1896.1	1724.0	703.8	6
	agoA	427.5	370.4	151.2	6	738.6	892.7	399.2	5	283.8	298.9	122.0	6	1449.9	1470.5	600.3	6
	agoB	1501.1	2460.8	1004.6	6	1669.6	2857.4	1277.9	5	338.9	475.3	194.0	6	3509.7	4131.9	1686.8	6
	setA	892.4	768.8	313.9	6	546.3	643.8	287.9	5	435.0	374.0	152.7	6	1873.7	1700.0	694.0	6
	setB	878.3	258.9	105.7	6	167.5	182.8	81.7	5	475.7	300.0	122.5	6	1521.5	353.8	144.4	6
	ottA	474.8	269.6	110.1	6	34.0	35.6	15.9	5	80.0	40.1	16.4	6	588.1	243.2	99.3	6
	ottB	556.8	187.3	76.5	6	11.7	13.7	6.1	5	380.1	548.5	223.9	6	948.6	727.7	297.1	6
	novA																
	novB	573.8	421.9	243.6	3	3.2	3.9	2.3	3	155.6	80.6	46.6	3	732.7	502.9	290.4	3
	dicA	834.1	748.0	305.4	6	0.0	0.1	0.0	5	233.5	271.8	111.0	6	1067.6	1000.3	408.4	6
	dicB	271.5	114.7	46.8	6	0.2	0.4	0.2	5	216.3	191.8	78.3	6	488.1	217.7	88.9	6

2003	genA	1039.1	617.5	276.1	5	1.5	2.4	1.0	6	652.8	646.3	289.0	5	1693.4	910.1	407.0	5
	genB	743.0	718.4	293.3	6	0.3	0.8	0.4	5	1176.8	1234.5	504.0	6	1920.2	1702.4	695.0	6
	febA	274.7	304.7	124.4	6	1.1	2.5	1.1	5	402.1	388.2	158.5	6	677.9	513.1	209.5	6
	febB	591.3	409.1	167.0	6	1.0	1.1	0.5	5	261.6	265.3	108.3	6	853.9	532.6	217.4	6
	marA	811.4	833.2	340.1	6	3.3	4.7	2.1	5	115.3	101.7	41.5	6	930.0	844.0	344.6	6
	marB	217.2	183.2	91.6	4	2.9	2.4	1.4	3	77.3	19.1	9.5	4	297.3	172.1	86.0	4
	aprA																
	aprB	255.0	198.0	80.9	6	204.7	367.4	164.3	5	43.4	56.9	23.2	6	503.1	515.2	210.3	6
	magA	301.8	220.7	90.1	6	267.2	611.3	273.4	5	130.6	92.5	37.8	6	699.6	562.1	229.5	6
	magB	104.5	60.5	35.0	3	4.6	3.1	2.2	2	68.5	66.4	38.4	3	177.5	126.0	72.7	3
	giuA	276.2	314.9	128.6	6	21.9	23.4	10.5	5	387.9	325.5	132.9	6	686.0	613.5	250.5	6
	giuB																
	lugA	409.7	656.4	379.0	3	491.2	785.4	453.4	3	29.4	35.6	20.5	3	930.3	1476.9	852.7	3
	lugB	158.5	106.2	47.5	5	38.6	47.2	21.1	5	47.1	60.2	26.9	5	244.2	197.0	88.1	5
	agoA	757.7	890.3	363.5	6	903.7	1268.3	567.2	5	85.8	94.1	38.4	6	1747.1	2172.1	886.8	6
	agoB	516.1	565.2	230.8	6	137.7	226.3	101.2	5	148.5	140.5	57.3	6	802.2	800.5	326.8	6
	setA	466.6	393.5	160.7	6	496.6	484.2	216.5	5	123.4	112.7	46.0	6	1086.6	841.6	343.6	6
	setB	1355.5	1393.0	696.5	4	182.7	249.5	124.8	4	319.6	436.5	218.3	4	1857.7	1360.9	680.4	4
	ottA	371.6	239.6	119.8	4	23.3	26.5	13.2	4	171.3	116.0	58.0	4	566.2	309.1	154.5	4
	ottB	425.5	239.4	107.0	5	2.6	1.8	0.8	5	208.1	157.7	70.5	5	636.2	382.8	171.2	5
	novA	391.5	131.7	58.9	5	3.2	3.0	1.4	5	94.1	79.1	35.4	5	488.8	155.5	69.5	5
	novB	352.9	329.6	164.8	4	2.2	2.2	1.1	4	90.2	39.4	19.7	4	445.3	346.4	173.2	4
	dicA	373.9	440.5	311.5	2	68.6	96.4	68.2	2	106.9	125.6	88.8	2	549.3	662.5	468.5	2
	dicB	394.1	358.5	146.3	6	0.9	1.5	0.7	5	68.0	65.2	26.6	6	463.0	408.7	166.9	6
2004	genA	500.0	305.1	124.5	6	0.0	0.0	0.0	6	688.7	1240.1	506.3	6	1188.8	1463.5	597.5	6
	genB	218.8	112.2	50.2	5	0.3	0.6	0.3	5	402.3	439.4	196.5	5	621.3	456.9	204.3	5
	febA	150.6	104.3	42.6	6	0.1	0.2	0.1	5	209.2	134.7	55.0	6	359.8	191.5	78.2	6
	febB	1249.9	1145.1	512.1	5	9.1	12.8	6.4	4	361.9	529.6	236.9	5	1620.9	1460.3	653.1	5
	marA	629.3	683.9	279.2	6	3.7	2.4	1.1	5	626.2	513.0	209.4	6	1259.2	575.0	234.7	6
	marB	487.9	369.0	165.0	5	31.2	34.7	15.5	5	670.6	491.0	219.6	5	1189.7	825.6	369.2	5
	aprA	1034.1	717.1	358.5	4	255.9	220.4	110.2	4	1114.0	1068.8	534.4	4	2404.1	1985.5	992.8	4
	aprB	1014.2	1191.3	532.8	5	865.6	1896.8	948.4	4	369.7	481.7	215.4	5	2249.5	2082.2	931.2	5
	magA	219.7	154.4	63.0	6	29.6	22.2	9.9	5	286.3	226.5	92.5	6	535.7	227.1	92.7	6
	magB	1762.9	3433.7	1535.6	5	294.7	641.1	286.7	5	385.4	422.4	188.9	5	2443.0	4449.2	1989.7	5
	giuA	146.5	99.3	44.4	5	23.6	11.5	5.1	5	159.7	171.6	76.7	5	329.8	252.7	113.0	5
	giuB	80.8	55.7	22.7	6	163.8	230.2	102.9	5	132.8	142.0	58.0	6	377.3	323.0	131.8	6
	lugA	212.6	194.2	86.8	5	221.2	310.9	155.5	4	185.0	144.9	64.8	5	618.9	282.6	126.4	5
	lugB	120.2	90.8	37.1	6	216.8	230.0	102.8	5	277.7	217.6	88.8	6	614.7	514.6	210.1	6
	agoA	1426.9	2777.0	1241.9	5	347.1	478.3	239.2	4	361.2	600.3	268.5	5	2135.2	3841.6	1718.0	5
	agoB	637.5	321.6	131.3	6	496.2	386.7	172.9	5	210.2	297.6	121.5	6	1343.9	854.7	348.9	6
	setA	860.3	404.6	181.0	5	449.5	485.5	242.8	4	414.4	387.3	173.2	5	1724.2	856.4	383.0	5
	setB	1813.3	2106.8	1216.4	3	53.1	33.3	19.2	3	478.3	264.8	152.9	3	2344.7	1884.2	1087.9	3
	ottA	768.4	617.4	252.1	6	87.6	111.4	49.8	5	422.2	239.0	97.6	6	1278.2	767.7	313.4	6
	ottB	1497.4	2151.1	1075.5	4	1052.4	1731.2	865.6	4	398.5	701.4	350.7	4	2948.4	3260.0	1630.0	4
	novA	2126.2	1364.0	610.0	5	119.5	255.2	114.1	5	341.6	243.9	109.1	5	2587.2	1683.7	753.0	5
	novB	762.5	516.9	298.4	3	6.6	9.4	5.4	3	83.1	66.3	38.3	3	852.2	590.8	341.1	3
	dicA	1218.1	1374.5	561.1	6	10.6	18.6	8.3	5	198.0	101.7	41.5	6	1426.7	1475.8	602.5	6
	dicB	551.6	244.1	172.6	2	2.6	2.3	1.6	2	456.7	259.4	183.5	2	1011.0	13.0	9.2	2
2005	genA	740.7	615.0	251.1	6	1.1	2.3	1.0	6	235.0	223.0	91.0	6	976.8	827.1	337.7	6
	genB	1221.4	1235.0	873.3	2	3.9	4.6	3.2	2	1946.4	2173.5	1536.9	2	3171.7	3413.1	2413.4	2
	febA	510.1	508.3	227.3	5	2.6	4.9	2.5	4	343.4	392.6	175.6	5	856.1	780.7	349.2	5

2008	febB	1123.4	1356.4	678.2	4	7.2	8.3	4.1	4	563.9	538.3	269.1	4	1694.5	1745.2	872.6	4
	marA	785.1			1	88.7			1	424.6			1	1298.3			1
	marB	5559.9	7278.8	3639.4	4	1416.6	1207.7	697.3	3	1389.3	1990.8	995.4	4	8365.9	9011.3	4505.7	4
	aprA	5317.7	8821.8	4410.9	4	667.3	651.0	375.8	3	914.2	744.2	372.1	4	6899.2	9763.0	4881.5	4
	aprB	882.6	864.7	353.0	6	70.5	127.8	57.2	5	549.3	585.7	239.1	6	1502.3	1391.1	567.9	6
	magA	1111.8	1539.6	628.5	6	68.0	98.8	44.2	5	229.9	295.0	120.4	6	1409.7	1800.0	734.8	6
	magB	633.3	982.5	439.4	5	22.8	23.5	11.7	4	155.9	217.7	97.4	5	811.9	1180.1	527.8	5
	giuA	1980.5	2307.7	1631.8	2	697.4	970.2	686.0	2	775.4	940.1	664.7	2	3453.3	4217.9	2982.5	2
	giuB	1360.1	2219.2	992.5	5	727.6	621.3	277.9	5	303.9	221.7	99.2	5	2391.6	2258.7	1010.1	5
	lugA	162.9	222.2	99.4	5	375.0	444.5	222.2	4	198.9	193.6	86.6	5	736.8	526.9	235.6	5
	lugB	981.9	1262.5	515.4	6	2361.4	3469.4	1551.5	5	1089.9	1403.8	573.1	6	4433.5	5564.0	2271.5	6
	agoA	1104.9	614.0	274.6	5	910.0	779.2	348.5	5	331.4	335.1	149.9	5	2346.3	661.2	295.7	5
	agoB	2049.9	2177.5	888.9	6	1725.7	1940.1	867.6	5	492.9	417.1	170.3	6	4268.6	3143.2	1283.2	6
	setA	1232.9	1572.0	703.0	5	910.7	1064.8	532.4	4	346.4	328.1	146.7	5	2490.0	2539.2	1135.6	5
	setB	1125.1	1050.7	428.9	6	1723.1	2765.8	1236.9	5	664.0	626.7	255.9	6	3512.1	4185.7	1708.8	6
	ottA	1598.8	867.5	388.0	5	1442.7	1883.7	842.4	5	1195.7	1409.8	630.5	5	4237.2	2446.3	1094.0	5
	ottB	1454.6	1213.3	495.3	6	188.8	211.4	94.6	5	526.5	626.4	255.7	6	2169.8	1428.0	583.0	6
	novA	1905.9	1941.1	868.1	5	321.3	408.0	204.0	4	574.0	836.2	373.9	5	2801.2	2715.2	1214.3	5
	novB	1445.2	754.1	377.0	4	39.9	40.3	20.2	4	381.6	121.5	60.7	4	1866.7	862.1	431.1	4
	dicA	472.9	240.6	120.3	4	3.7	3.8	1.9	4	190.5	103.2	51.6	4	667.1	304.1	152.0	4
	dicB	257.5	92.6	65.5	2	0.0	0.0	0.0	1	62.5	45.3	32.0	2	319.9	137.9	97.5	2
	genA	632.1			1	0.0			2	674.2			1	1306.3			1
	genB	1132.9	220.9	110.4	4	3.6	4.2	2.1	4	820.4	1170.4	585.2	4	1957.0	1174.8	587.4	4
	febA	1275.8	1341.4	547.6	6	3.7	3.5	1.6	5	346.7	249.1	101.7	6	1626.1	1452.8	593.1	6
	febB	1120.7	804.0	568.5	2	311.4	436.9	308.9	2	1113.4	809.8	572.6	2	2545.5	2050.7	1450.1	2
	marA	2189.7	2388.0	1194.0	4	2.0	1.8	0.9	4	1007.4	1581.7	790.8	4	3199.2	3909.0	1954.5	4
	marB	383.8	151.7	67.9	5	6.5	6.8	3.4	4	370.1	254.3	113.7	5	760.3	380.9	170.3	5
	aprA																
	aprB																
	magA																
	magB																
	giuA																
	giuB																
	lugA																
	lugB	1275.5	2260.0	1010.7	5	556.4	534.5	267.3	4	612.1	946.5	423.3	5	2444.0	3720.2	1663.7	5
	agoA	55.5			1	97.7			1	51.7			1	205.0			1
	agoB	1516.0	2096.6	1048.3	4	808.5	1149.3	574.6	4	302.0	179.2	89.6	4	2626.5	3278.8	1639.4	4
	setA	344.4	431.9	193.1	5	188.1	159.0	79.5	4	130.4	62.5	27.9	5	662.9	597.5	267.2	5
	setB	3039.4	2821.8	1152.0	6	501.7	639.4	286.0	5	733.2	635.0	259.2	6	4274.2	3396.9	1386.8	6
	ottA	4025.9	4825.0	1969.8	6	196.5	346.0	154.7	5	2537.9	3052.4	1246.2	6	6760.3	6981.3	2850.1	6
	ottB	1202.1	924.2	377.3	6	105.9	216.5	96.8	5	308.5	343.5	140.2	6	1616.5	1429.7	583.7	6
	novA	394.2	591.7	295.9	4	14.9	18.3	9.1	4	108.2	91.5	45.8	4	517.2	700.3	350.2	4
	novB	1092.6	1290.5	577.1	5	16.0	16.9	8.5	4	116.5	91.2	40.8	5	1225.1	1324.7	592.4	5
	dicA	720.6	679.2	339.6	4	4.8	5.7	2.9	4	109.6	99.0	49.5	4	835.0	781.9	390.9	4
	dicB	654.6	634.9	283.9	5	6.1	10.1	5.1	4	97.2	133.9	59.9	5	757.9	745.5	333.4	5
2007	genA	4056.3	8001.5	3266.6	6	4.1	9.5	3.9	6	573.6	1205.7	492.2	6	4634.1	9215.5	3762.2	6

Tabella 2. Densità medie mensili (ind/m³) deviazioni standard (S) ed errori standard della media (S_r) delle specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative nelle sei stazioni campionate 2002 al 2007. Con n è indicato il numero delle misure.

		Foce Marta											
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
<i>n</i>		5	5	4	4	5	7	6	8	6	9	6	5
<i>Acartia clausi</i>	densità												
	medie	2.2	8.8	16.9	71.3	126.0	73.9	3.8	20.2	8.5	11.4	1.4	16.7
	(ind/m³)												
	(<i>S</i>)	3.0	8.1	14.1	46.3	194.9	148.6	4.5	23.1	11.0	21.5	2.8	30.6
	(<i>S</i> _r)	1.3	3.6	7.1	23.2	87.2	56.2	1.8	8.2	4.5	7.2	1.1	13.7
<i>Centropages ponticus</i>	densità												
	medie	0.0	0.0	0.3	6.4	35.9	33.4	49.0	36.8	63.7	11.2	0.0	0.0
	(ind/m³)												
	(<i>S</i>)	0.0	0.0	0.6	7.4	66.2	42.6	92.9	38.6	127.4	13.0	0.1	0.0
	(<i>S</i> _r)	0.0	0.0	0.3	3.7	29.6	16.1	37.9	13.6	52.0	4.3	0.0	0.0
<i>Paracalanus parvus</i>	densità												
	medie	907.9	87.6	15.1	40.1	143.3	280.1	144.6	161.2	77.7	130.4	98.1	56.3
	(ind/m³)												
	(<i>S</i>)	2124.3	158.4	17.6	58.0	259.2	667.4	215.3	264.7	76.1	180.2	96.0	76.9
	(<i>S</i> _r)	950.0	70.8	8.8	29.0	115.9	252.3	87.9	93.6	31.1	60.1	39.2	34.4
<i>Euterpina acutifrons</i>	densità												
	medie	211.0	21.5	48.2	18.4	4.4	17.4	12.1	8.7	7.7	9.4	4.7	24.7
	(ind/m³)												
	(<i>S</i>)	490.1	36.6	53.9	19.6	5.3	21.2	23.0	12.6	12.1	8.6	4.3	36.8
	(<i>S</i> _r)	219.2	16.4	26.9	9.8	2.4	8.0	9.4	4.4	4.9	2.9	1.8	16.4
<i>Oithona nana</i>	densità												
	medie	295.4	40.9	190.3	9.3	8.6	86.8	7.5	6.9	7.4	92.9	30.6	83.8
	(ind/m³)												
	(<i>S</i>)	690.6	74.5	268.1	10.6	15.1	175.9	9.1	8.0	7.6	171.1	46.5	121.4
	(<i>S</i> _r)	308.9	33.3	134.1	5.3	6.8	66.5	3.7	2.8	3.1	57.0	19.0	54.3
<i>Oithona similis</i>	densità												
	medie	32.6	162.9	0.5	10.6	33.7	4.0	0.1	2.3	1.2	0.0	0.0	1.0
	(ind/m³)												

	(S)	70.7	361.6	0.8	12.7	33.9	7.7	0.3	6.0	3.0	0.0	0.0	1.0
	(S)	31.6	161.7	0.4	6.4	15.1	2.9	0.1	2.1	1.2	0.0	0.0	0.5
	densità												
	medie	0.0	0.1	0.0	0.0	9.4	86.2	464.0	99.1	11.5	15.5	1.3	0.0
Evadne	(ind/m ³)												
spinifera	(S)	0.0	0.3	0.0	0.0	10.4	195.1	706.9	186.2	22.7	24.5	2.8	0.0
	(S)	0.0	0.1	0.0	0.0	4.6	73.7	288.6	65.8	9.3	8.2	1.1	0.0
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	211.5	127.6	3.8	12.9	0.1	0.0
Evadne	(ind/m ³)												
tergestina	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.9	493.0	168.9	8.2	23.1	0.2	0.0
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	201.2	59.7	3.4	7.7	0.1	0.0
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	114.4	116.8	1793.9	25.5	90.0	0.4	3.5
Penilia avirostris	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	262.4	226.2	2400.1	22.4	158.4	0.6	6.4
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	99.2	92.4	848.5	9.1	52.8	0.3	2.9
	densità												
	medie	2.0	1.5	567.4	259.4	347.7	95.5	2.1	6.1	12.4	54.5	11.2	0.3
Podon	(ind/m ³)												
polyphemoides	(S)	4.8	2.7	1128.4	182.2	613.8	132.4	3.4	9.2	11.3	104.0	27.5	0.7
	(S)	2.1	1.2	564.2	91.1	274.5	50.0	1.4	3.2	4.6	34.7	11.2	0.3
Ladispoli													
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
n		8	7	6	3	4	6	9	9	10	10	7	7
	densità												
	medie	14.9	8.9	27.1	573.8	231.6	21.4	10.9	10.8	44.6	35.1	5.8	1.4
Acartia clausi	(ind/m ³)												
	(S)	30.7	13.5	35.8	520.2	284.2	17.4	24.5	9.5	75.2	70.4	9.8	2.2
	(S)	10.9	5.1	14.6	300.4	142.1	7.1	8.2	3.2	23.8	22.3	3.7	0.8
Acartia													
discaudata var.	densità	13.2	18.5	67.6	411.6	138.1	10.9	15.4	11.8	21.1	5.6	2.3	10.6
	medie												

		(ind/m ³)											
<i>mediterranea</i>	(S)	14.3	23.7	68.5	290.6	149.4	6.1	21.7	15.5	40.0	7.9	2.4	20.7
	(S ₇)	5.1	9.0	27.9	167.8	74.7	2.5	7.2	5.2	12.6	2.5	0.9	7.8
	densità												
	medie	0.0	0.2	0.1	5.9	37.1	24.8	42.1	91.8	91.1	16.1	0.4	0.0
<i>Centropages</i>	(ind/m ³)												
<i>ponticus</i>	(S)	0.0	0.4	0.2	7.3	46.0	44.0	90.4	107.4	91.2	23.1	0.9	0.0
	(S ₇)	0.0	0.2	0.1	4.2	23.0	17.9	30.1	35.8	28.9	7.3	0.4	0.0
	densità												
	medie	27.9	17.5	20.6	25.9	43.0	10.4	9.3	30.2	63.6	81.6	61.7	22.8
<i>Paracalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>parvus</i>	(S)	30.8	38.6	32.1	20.9	52.0	9.1	11.3	34.5	82.7	103.8	65.2	27.6
	(S ₇)	10.9	14.6	13.1	12.1	26.0	3.7	3.8	11.5	26.1	32.8	24.6	10.4
	densità												
	medie	15.1	18.1	39.2	13.2	43.3	24.4	3.4	9.9	33.7	66.2	42.2	5.1
<i>Euterpina</i>	(ind/m ³)												
<i>acutifrons</i>	(S)	13.8	25.2	62.5	19.4	53.8	34.2	3.5	12.0	63.4	127.2	50.0	6.6
	(S ₇)	4.9	9.5	25.5	11.2	26.9	14.0	1.2	4.0	20.1	40.2	18.9	2.5
	densità												
	medie	40.3	41.3	14.8	17.5	33.2	10.5	17.9	25.5	36.2	89.1	83.1	3.8
<i>Oithona nana</i>	(ind/m ³)												
	(S)	51.0	86.1	26.2	22.6	40.9	10.1	23.3	54.0	41.6	188.6	107.6	3.7
	(S ₇)	18.0	32.5	10.7	13.0	20.5	4.1	7.8	18.0	13.2	59.6	40.7	1.4
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	10.8	14.6	6.3	1.4	0.0	0.0
<i>Evadne spinifera</i>	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	24.2	25.2	14.7	2.4	0.0	0.0
	(S ₇)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	8.1	8.4	4.7	0.8	0.0	0.0
<i>Penilia avirostris</i>	densità	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.3	8.5	156.7	53.7	8.0	2.8	0.0
	medie												

[illegible]

<i>Euterpina acutifrons</i>	(S)	17.8	12.8	85.1	1.0	2.7	3.1	23.1	37.3	442.0	114.1	123.9	28.1
	(S _r)	6.7	5.2	38.1	0.5	1.2	1.2	7.7	12.4	139.8	36.1	46.8	10.6
	densità												
	medie	12.5	29.8	67.8	12.1	9.3	4.2	8.9	14.4	21.3	18.8	39.5	6.4
	(ind/m ³)												
	(S)	12.2	14.5	72.5	13.7	12.6	6.2	13.0	21.3	30.6	44.2	59.5	8.4
	(S _r)	4.6	5.9	32.4	6.9	5.6	2.5	4.3	7.1	9.7	14.0	22.5	3.2
	densità												
	medie	28.7	102.4	58.5	14.2	15.1	9.6	22.7	24.9	30.1	101.6	52.1	24.5
	(ind/m ³)												
<i>Oithona nana</i>	(S)	35.5	160.2	78.1	15.1	19.6	12.5	36.7	41.5	20.5	170.0	53.8	29.3
	(S _r)	13.4	65.4	34.9	7.6	8.8	5.1	12.2	13.8	6.5	53.8	20.3	11.1
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	21.9	55.7	58.0	2.3	0.0	0.0
<i>Evadne tergestina</i>	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	27.9	59.5	119.7	5.6	0.1	0.0
	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	9.3	19.8	37.9	1.8	0.0	0.0
	densità												
<i>Penilia avirostris</i>	medie	0.1	0.0	0.2	0.0	0.5	2.8	15.3	121.3	127.8	22.6	2.1	0.8
	(ind/m ³)												
	(S)	0.3	0.0	0.4	0.0	1.1	6.8	35.0	153.7	206.8	35.4	2.6	1.7
	(S _r)	0.1	0.0	0.2	0.0	0.5	2.8	11.7	51.2	65.4	11.2	1.0	0.6
<i>Podon polyphemoides</i>	densità												
	medie	0.2	2.2	20.0	87.2	11.9	410.5	359.9	104.6	151.1	12.1	0.1	0.0
	(ind/m ³)												
	(S)	0.6	2.9	38.5	169.5	7.3	601.1	422.3	151.6	170.3	20.3	0.2	0.1
	(S _r)	0.2	1.2	17.2	84.7	3.3	245.4	140.8	50.5	53.8	6.4	0.1	0.0

		Rio Martino											
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
		9	8	8	5	6	7	8	9	10	10	8	10
<i>Acartia clausi</i>	densità												
	medie	6.5	13.2	104.8	140.0	138.6	107.6	20.9	60.2	25.4	27.9	7.2	9.8
	(ind/m ³)												
	(S)	8.7	20.3	261.7	264.5	241.4	176.0	18.4	78.1	26.1	42.3	12.2	23.0
	(S _r)	2.9	7.2	92.5	118.3	98.5	66.5	6.5	26.0	8.3	13.4	4.3	7.3
<i>Acartia discaudata var. mediterranea</i>	densità												
	medie	7.5	21.9	49.0	21.4	79.1	33.4	7.5	19.6	3.2	0.0	54.2	0.1
	(ind/m ³)												
	(S)	21.1	22.1	101.3	37.7	133.9	51.1	11.8	54.9	8.4	0.0	153.4	0.2
	(S _r)	7.0	7.8	35.8	16.9	54.7	19.3	4.2	18.3	2.6	0.0	54.2	0.1
<i>Centropages ponticus</i>	densità												
	medie	0.0	0.0	0.3	1.6	11.7	120.8	375.6	486.4	86.5	11.9	0.5	0.0
	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.5	2.1	24.4	199.8	491.6	433.8	91.1	18.7	1.4	0.0
	(S _r)	0.0	0.0	0.2	0.9	10.0	75.5	173.8	144.6	28.8	5.9	0.5	0.0
<i>Paracalanus parvus</i>	densità												
	medie	14.0	11.0	29.0	37.4	69.9	109.8	141.2	188.0	231.0	300.7	153.6	131.5
	(ind/m ³)												
	(S)	15.2	12.6	67.6	48.2	118.4	191.3	202.2	179.5	186.8	474.1	144.5	138.2
	(S _r)	5.1	4.5	23.9	21.6	48.3	72.3	71.5	59.8	59.1	149.9	51.1	43.7
<i>Euterpina acutifrons</i>	densità												
	medie	12.5	23.1	5.7	32.4	6.0	27.6	42.7	52.5	77.1	206.5	108.2	28.9
	(ind/m ³)												
	(S)	16.8	35.1	5.2	29.0	7.0	46.4	60.8	66.6	117.5	382.8	143.7	46.1
	(S _r)	5.6	12.4	1.8	13.0	2.9	17.5	21.5	22.2	37.2	121.1	50.8	14.6
<i>Oithona nana</i>	densità												
	medie	41.0	24.3	27.4	25.2	49.7	59.9	56.1	29.5	63.8	266.0	524.2	27.3
	(ind/m ³)												
	(S)	57.3	30.5	56.6	23.6	97.8	84.2	72.5	43.1	115.3	356.7	1176.8	36.4
	(S _r)	19.1	10.8	20.0	10.6	39.9	31.8	25.6	14.4	36.4	112.8	416.1	11.5
<i>Evadne</i>	densità	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	56.0	90.6	204.3	173.8	7.7	18.6	0.4

	medie (ind/m ³)												
<i>spinifera</i>	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	94.2	171.4	258.7	306.4	9.8	40.4	0.9
	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	35.6	60.6	86.2	96.9	3.1	14.3	0.3
	densità												
<i>Evadne</i>	medie (ind/m ³)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	1127.9	538.2	104.8	20.5	17.8	0.2
<i>tergestina</i>	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	2703.9	985.6	144.5	45.1	45.7	0.5
	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	956.0	328.5	45.7	14.3	16.1	0.2
	densità												
<i>Penilia avirostris</i>	medie (ind/m ³)	0.2	0.2	0.5	0.2	0.6	18.6	136.9	355.2	951.3	72.5	53.5	8.5
	(S)	0.7	0.5	1.4	0.5	1.5	43.5	275.3	752.8	2013.3	97.8	100.9	14.5
	(S _r)	0.2	0.2	0.5	0.2	0.6	16.4	97.3	250.9	636.7	30.9	35.7	4.6
	densità												
<i>Podon</i>	medie (ind/m ³)	2.9	3.9	119.2	319.1	6.2	88.0	79.8	284.4	5.1	11.4	6.0	14.4
<i>polyphemoides</i>	(S)	3.8	4.7	291.4	445.4	6.4	217.0	211.8	831.1	10.9	35.1	12.2	42.4
	(S _r)	1.3	1.7	103.0	199.2	2.6	82.0	74.9	277.0	3.5	11.1	4.3	13.4
Monte d'Argento													
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
	n	8	8	7	5	6	6	8	10	8	9	9	8
	densità												
<i>Acartia clausi</i>	medie (ind/m ³)	17.7	9.5	3.8	515.2	175.7	2.2	8.4	3.4	3.1	2.2	33.7	1.6
	(S)	42.1	15.3	5.6	1217.7	459.5	4.5	18.0	7.2	4.6	2.8	38.7	1.8
	(S _r)	14.9	5.4	2.1	544.6	187.6	1.8	6.4	2.3	1.6	0.9	12.9	0.6
	densità												
<i>Acartia</i>	medie (ind/m ³)	21.3	11.8	8.1	67.1	18.6	1.2	0.8	3.2	1.3	1.2	2.4	0.3
<i>discaudata var.</i>	(S)	56.1	22.2	7.5	113.7	42.0	1.5	1.6	6.6	2.1	3.0	6.3	0.6
<i>mediterranea</i>	(S _r)	19.8	7.8	2.8	50.8	17.2	0.6	0.6	2.1	0.7	1.0	2.1	0.2

<i>Centropages ponticus</i>	densità												
	medie	0.3	0.1	0.0	1.6	0.6	3.0	21.0	36.6	68.2	5.1	0.9	0.0
	(ind/m ³)												
	(S)	0.7	0.2	0.1	3.5	1.3	4.7	33.2	45.5	113.7	8.1	1.7	0.0
<i>Paracalanus parvus</i>	(S _r)	0.3	0.1	0.0	1.6	0.5	1.9	11.7	14.4	40.2	2.7	0.6	0.0
	densità												
	medie	22.9	12.1	4.0	122.4	45.2	17.2	51.1	110.2	21.1	48.4	157.9	11.2
	(ind/m ³)												
<i>Euterpina acutifrons</i>	(S)	17.9	21.5	7.3	273.7	101.5	40.2	79.5	191.0	16.8	106.8	277.7	12.4
	(S _r)	6.3	7.6	2.8	122.4	41.5	16.4	28.1	60.4	5.9	35.6	92.6	4.4
	densità												
	medie	17.1	8.3	4.5	7.0	3.0	0.9	2.6	21.2	33.0	9.1	8.7	1.4
<i>Oithona nana</i>	(ind/m ³)												
	(S)	27.9	9.7	5.3	13.8	5.1	1.1	3.5	38.1	44.0	12.9	11.1	2.4
	(S _r)	9.9	3.4	2.0	6.2	2.1	0.4	1.2	12.0	15.6	4.3	3.7	0.8
	densità												
<i>Evadne spinifera</i>	medie	34.1	14.6	5.1	32.0	12.0	5.7	29.2	88.6	66.7	56.0	68.2	11.9
	(ind/m ³)												
	(S)	46.7	27.0	9.7	69.9	25.7	9.3	42.3	167.4	71.5	70.4	132.6	26.1
	(S _r)	16.5	9.5	3.7	31.2	10.5	3.8	15.0	52.9	25.3	23.5	44.2	9.2
<i>Evadne tergestina</i>	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	17.2	57.2	135.7	50.4	11.6	5.3	0.1
	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	28.6	73.4	255.0	41.4	29.3	10.3	0.2
<i>Penilia avirostris</i>	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	11.7	26.0	80.6	14.6	9.8	3.4	0.1
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	544.2	185.3	312.8	36.7	3.5	0.1
	(ind/m ³)												
<i>Penilia avirostris</i>	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	952.1	279.9	460.7	77.7	6.2	0.2
	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	336.6	88.5	162.9	25.9	2.1	0.1
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	10.5	71.0	77.7	105.3	74.2	5.1	0.1
<i>Penilia avirostris</i>	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	16.7	101.7	89.3	117.5	144.7	8.0	1.0

	(S_r)	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	6.8	35.9	28.2	41.6	48.2	2.7	0.4
	densità												
	medie	0.2	75.0	351.0	1156.6	468.4	57.6	143.2	152.5	174.7	908.6	123.4	2.2
<i>Podon</i>	(ind/m ³)												
<i>polyphemoides</i>	(S)	0.3	204.8	898.5	1634.5	757.5	118.8	247.6	234.3	265.4	1718.3	332.6	
	(S_r)	0.1	72.4	339.6	731.0	309.2	48.5	87.5	74.1	93.8	572.8	110.9	0.0
Zannone													
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
	<i>n</i>	4	6	5	4	5	4	6	7	8	6	2	6
	densità												
	medie	15.0	12.4	3.9	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	2.1	3.5	2.4	8.4
<i>Calocalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>styleiremis</i>	(S)	12.7	9.0	3.2	1.3	0.5	0.2	0.0	0.0	3.5	3.3	3.3	4.0
	(S_r)	6.4	3.7	1.4	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	1.2	1.3	2.4	1.6
	densità												
	medie	5.7	2.8	0.9	0.5	0.6	0.2	2.0	15.5	10.0	32.8	3.0	2.9
<i>Clausocalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>furcatus</i>	(S)	10.9	4.6	1.8	0.8	1.2	0.3	3.0	31.5	16.9	61.4	0.6	5.8
	(S_r)	5.5	1.9	0.8	0.4	0.5	0.2	1.2	11.9	6.0	25.1	0.4	2.4
	densità												
	medie	56.5	15.2	5.3	2.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.3	26.8
<i>Clausocalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>paululus</i>	(S)	81.2	29.4	11.9	5.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	1.8	55.8
	(S_r)	40.6	12.0	5.3	2.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.3	22.8
	densità												
	medie	13.7	7.9	36.9	29.1	37.5	19.3	25.2	8.3	8.8	63.3	14.9	1.4
<i>Paracalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>parvus</i>	(S)	11.1	6.6	44.2	40.6	62.6	29.5	32.7	11.7	12.1	74.6	16.8	1.2
	(S_r)	5.6	2.7	19.8	20.3	28.0	14.7	13.3	4.4	4.3	30.5	11.9	0.5
	densità												
<i>Paracalanus</i>	(ind/m ³)												
<i>nanus</i>	medie	14.9	19.4	9.7	1.7	1.1	1.2	0.3	0.2	3.1	5.5	0.0	6.9

<i>Temora stylifera</i>	(S)	9.8	20.7	7.0	3.0	1.0	1.8	0.5	0.3	4.8	5.0	0.0	9.3
	(S _r)	4.9	8.4	3.1	1.5	0.5	0.9	0.2	0.1	1.7	2.0	0.0	3.8
	densità												
	medie	0.6	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	3.0	2.2	23.5	1.1	0.4
	(ind/m ³)												
	(S)	0.8	0.4	0.1	0.4	0.2	0.1	0.5	5.0	4.1	37.9	1.5	0.7
<i>Euterpina acutifrons</i>	(S _r)	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	1.9	1.5	15.5	1.1	0.3
	densità												
	medie	7.8	25.8	49.5	8.8	3.3	0.1	0.8	1.1	3.2	3.5	1.3	1.0
	(ind/m ³)												
	(S)	12.5	33.6	36.2	15.5	6.1	0.1	1.3	2.6	6.2	4.5	0.0	1.5
	(S _r)	6.3	13.7	16.2	7.7	2.7	0.0	0.5	1.0	2.2	1.8	0.0	0.6
<i>Oithona nana</i>	densità												
	medie	14.8	5.2	5.1	1.3	1.2	0.7	1.5	1.9	1.5	9.3	18.5	1.3
	(ind/m ³)												
	(S)	26.8	9.7	5.4	2.3	0.8	0.3	1.8	3.6	1.4	21.5	26.1	2.4
	(S _r)	13.4	4.0	2.4	1.1	0.4	0.1	0.7	1.4	0.5	8.8	18.5	1.0
	densità												
<i>Oithona similis</i>	medie	3.8	5.6	19.1	11.4	4.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.3	11.8
	(ind/m ³)												
	(S)	2.7	5.5	42.6	17.7	6.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	15.4
	(S _r)	1.4	2.2	19.0	8.8	2.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	6.3
	densità												
	medie	0.0	0.0	1.1	0.5	22.4	18.3	126.2	90.7	37.6	73.4	46.7	0.0
<i>Evadne spinifera</i>	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	2.4	1.1	32.6	31.3	193.9	159.0	36.4	101.1	17.7	0.0
	(S _r)	0.0	0.0	1.1	0.5	14.6	15.6	79.2	60.1	12.9	41.3	12.5	0.0
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	37.6	7.7	11.1	1.6	1.9	0.0
	(ind/m ³)												
<i>Evadne tergestina</i>	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	76.7	13.6	7.5	2.2	2.7	0.0
	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	31.3	5.2	2.7	0.9	1.9	0.0
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	2.7	36.0	74.0	10.7	0.0
	(ind/m ³)												
	(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Penilia avirostris</i>	(S _r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	densità												
	medie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(ind/m³)

(S)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	3.4	82.8	159.7	16.3	0.0	0.0
(S_r)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.4	31.3	56.5	6.7	0.0	0.0

7.2. Schede ecologiche delle specie zooplanctoniche identificate

Sono riportate le caratteristiche ecologiche e la distribuzione di tutte le specie zooplanctoniche identificate negli anni 2002-2007.

Classe: CRUSTACEA

Sottoclasse: COPEPODA (Milne Edwards 1840)

	ECOLOGIA	DISTRIBUZIONE
Ordine: CALANOIDA (Sars 1903)		
Famiglia: Acartiidae (Sars 1903)		
Genere: <i>Acartia</i> (Dana, 1846)		
Sottogenere: <i>Acartiura</i> (Steuer, 1915)		
<i>Acartia clausi</i> (Giesbrecht, 1889)	Specie eurialina, particolarmente abbondante in acque estuarine o marino costiere	Molto comune in tutto il Mediterraneo
<i>Acartia discaudata</i> var. <i>mediterranea</i> (Steuer, 1929)	Specie di acque estuarine	Mediterraneo, Napoli, Algeri, Banyuls sur Mer
<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	Caratteristica di acque fredde e neritiche	Nord Atlantico, Mar Baltico, Mar Nero, coste tirreniche ed adriatiche
<i>Acartia margalefi</i> (Alcaraz, 1976)	Specie di acque estuarine. In diminuzione in relazione alla comparsa di <i>A. tonsa</i> nei suoi habitat	Mediterraneo, Rie de Vigo, Mar Nero, Mar del Nord. In Italia coste ed estuari.
Sottogenere: <i>Acartia</i> (Plankacartia) (Steuer, 1925)		
<i>Acartia negligens</i> (Dana, 1849)	Caratteristica di acque neritiche temperate	Atlantico temperato, Mar Mediterraneo, Adriatico, Tirreno, Mar Rosso ed Oceano Indiano
Sottogenere: <i>Acanthacartia</i> (Steuer, 1915)		
<i>Acanthacartia italica</i> (Steuer, 1910)	Caratteristica di acque costiere	Adriatico Meridionale, Mare Ionio Settentrionale, Mare Egeo
<i>Acanthacartia tonsa</i> (Dana, 1848)	Specie ubiquitaria, comune in ambienti salmastri e abbondante in acque estuarine ad alta trofia	Mar Mediterraneo e Mar Nero
Genere: <i>Paracartia</i> (Scott, 1894)		
<i>Paracartia grani</i> (Sars, 1894)	Specie eurialina	Costa della Norvegia, Canale della Manica, Mar Mediterraneo, Mar Adriatico
<i>Paracartia latisetosa</i> (Kritschagin, 1873)	Ambienti salmastri, lagunari ed estuarini	Valli di Comacchio, Laguna di Venezia, Lagune di Brindisi, Delta del Nilo, Mar Nero, Mare d'Azov
Genere: <i>Pteriacartia</i> (Belmonte, 1998)		
<i>Pteriacartia josephinae</i> (Belmonte, 1998)	Specie di acque estuarine	Specie endemica delle aree costiere del Mediterraneo; in Italia Mar Adriatico

		meridionale, Mar Ionio, coste meridionali della Sicilia
<i>Acartia danae</i> (Giesbrecht, 1889)	Specie epipelagica eurialina	-
Famiglia: Calanidae (Dana, 1849)		
Genere: <i>Calanus</i> (Leach, 1816)		
<i>Calanus helgolandicus</i> (Claus, 1863)	Specie tipica di acque aperte; occasionalmente si rinviene in ambienti costieri. Migrazioni verticali stagionali	Oceano Atlantico, poco comune in Mar Tirreno, più abbondante in Mar Adriatico. In Mediterraneo, distribuita fino a 3000 m di profondità, ma più comune tra 600-1200 m
Genere: <i>Mesocalanus</i> (Bradford & Jillet, 1974)		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849)	Specie cosmopolita di acque temperate e tropicali; vive in acque sub-superficiali. Più abbondante in primavera. Più comune in acque di largo, si ritrova frequentemente anche in acque costiere.	Tutti gli oceani e Mar Mediterraneo (nei primi 300 m)
Genere: <i>Nannocalanus</i> (Sars, 1925)		
<i>Nannocalanus minor</i> (Claus, 1863)	Più tipica di acque aperte, si ritrova frequentemente anche in ambienti costieri.	Cosmopolita, comune in tutti gli oceani tropicali e subtropicali e nel Mar Mediterraneo (nei primi 200 metri)
Genere: <i>Neocalanus</i> (Sars, 1925)		
<i>Neocalanus gracilis</i> (Dana, 1849)	Specie cosmopolita di acque temperate e tropicali; presente in tutti gli oceani. Più tipica di acque aperte, si ritrova anche in ambienti costieri	Presente in tutti gli oceani. In Mediterraneo è distribuita fino a 3000 m di profondità, ma concentrata nello strato 50-200 m.
Famiglia: Calocalanidae (Bernard, 1958)		
Genere: <i>Calocalanus</i> (Giesbrecht, 1888)		
<i>Calocalanus contractus</i> (Farran, 1926)	Specie epiplanctonica oceanica delle regioni calde. Più comune in mare aperto, ma presente anche in ambienti costieri	Oceano Atlantico e Pacifico. In Mediterraneo nei primi 300 m di profondità
<i>Calocalanus elongatus</i> (Shmeleva, 1968)	-	-
<i>Calocalanus neptunus</i> (Shmeleva, 1965)	Presente ma non abbondante in acque costiere	Oceano Atlantico, Canarie, Mar Rosso, Nuova Zelanda, Oceano Indiano. In Mediterraneo distribuita nei primi 300 metri
<i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1849)	Specie principalmente oceanica generalmente epiplanctonica; in Mediterraneo comune in acque costiere.	Cosmopolita di acque tropicali, In Mediterraneo distribuita fino a 200 m di profondità.
<i>Calocalanus pavoninus</i> (Farran, 1936)	-	-
<i>Calocalanus styliremis</i> (Giesbrecht, 1888)	Specie epiplanctonica sia oceanica che neritica; in Mediterraneo comune in acque costiere.	Cosmopolita di acque temperate e tropicali, presente anche in Antartico. In Mediterraneo distribuita fino a 200 m di profondità.
Famiglia: Candaciidae (Giesbrecht,		

1892)

Genere: *Candacia* (Dana, 1846)

Candacia armata (Boeck, 1972)

Specie carnivora preferenzialmente distribuita in acque aperte.

Presente in tutti gli oceani ed in Mediterraneo, principalmente entro i 200 m.

Genere: *Paracandacia* (Grice, 1963)

Paracandacia bispinosa (Claus, 1863)

Specie carnivora di acque aperte, è occasionalmente presente in ambienti costieri (Soprattutto i giovanili).

Tutti gli oceani ed in Mediterraneo distribuita fino a 400 m.

Paracandacia simplex (Giesbrecht, 1889)

Specie carnivora di acque aperte, è occasionalmente presente in ambienti costieri (Soprattutto i giovanili).

Tutti gli oceani ed in Mediterraneo distribuita fino a 200 m, più frequente e abbondante di *P. bispinosa*.

Famiglia: *Centropagidae* (Giesbrecht, 1892)

Genere: *Centropages* (Kröyer, 1849)

Centropages kröyeri (Giesbrecht, 1892)

Comune in ambienti costieri

In tutti gli Oceani ed in Mediterraneo

Centropages ponticus (Karavaev, 1895)

Specie eurialina, comune in tutte le coste del Mediterraneo, anche alle foci di fiumi ed in ambienti semiconfinati.

Mediterraneo, Mar Nero, Canale di Suez.

Centropages typicus (Kröyer, 1849)

Specie eurialina, molto comune e abbondante in ambienti costieri

Oceani Atlantico e Pacifico. In Mediterraneo tra 0-200 m con i massimi di abbondanza entro i primi 50m.

Centropages violaceus (Claus, 1863)

Specie epipelagica tipica di acque aperte, occasionalmente presente in zone costiere. Abbondanze elevate nei mesi estivi

Cosmopolita di mari caldi. In Mediterraneo entro i primi 50 m.

Genere: *Isias* (Boeck, 1864)

Isias clavipes (Boeck, 1864)

Comune in ambienti costieri ma poco abbondante.

Oceano Atlantico e Mar Mediterraneo.

Famiglia: *Clausocalanidae* (Giesbrecht, 1892)

Genere: *Clausocalanus* (Dana, 1849)

Clausocalanus arcuicornis (Dana, 1849)

Abbondante sia in acque di largo che di costa, dove presenta le più alte abbondanze in primavera ed estate.

Specie tropicale-subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo la specie è presente tra 0 e 400m ma è concentrata entro i primi 100m.

Clausocalanus furcatus (Brady, 1883)

Presente sia in acque di largo che di costa. Nella zona costiera rappresenta una delle specie più abbondanti del genere, con i massimi di abbondanza in tarda estate-autunno.

Specie tropicale-subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo la specie è presente tra 0 e 100m ma è concentrata entro i primi 50m.

Clausocalanus jobei (Frost & Fleminger, 1968)

Presente sia in acque di largo che di costa, ma non molto abbondante, si ritrova soprattutto in primavera.

Specie tropicale o tropicale-subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo la specie è presente tra 0 e 200m ma è concentrata entro i primi 100m.

Clausocalanus lividus (Frost & Fleminger, 1968)

Poco abbondante sia in acque aperte che costiere, dove è presente soprattutto nel periodo tardo inverno-primavera.

Specie subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo è presente fino a 3000m ma concentrata entro i primi 150m.

<i>Clausocalanus mastigophorus</i> (Claus, 1863)	Poco abbondante in acque costiere, è presente soprattutto nei mesi invernali.	Specie tropicale-subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo è presente fino a 2000m ma concentrata entro i primi 100m.
<i>Clausocalanus parapergens</i> (Frost & Fleminger, 1968)	Presente sia in acque di largo che di costa, ma con abbondanze sempre molto contenute.	Specie tropicale-subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo è presente tra 0 e 800m ma concentrata entro i primi 300m.
<i>Clausocalanus paululus</i> (Farran, 1926)	Presente sia in acque di largo che di costa, dove rappresenta una delle specie più abbondanti del genere, con i massimi nei mesi invernali.	Specie subtropicale, circumglobale. In Mediterraneo è presente tra 0 e 800m ma concentrata entro i primi 200m.
<i>Clausocalanus pergens</i> (Farran, 1926)	Presente sia in acque di largo che di costa, dove rappresenta una delle specie più abbondanti del genere, con i massimi in primavera.	Specie di acque temperate calde, circumglobale. In Mediterraneo è presente tra 0 e 800m ma concentrata entro i primi 400m.
<i>Ctenocalanus vanus</i> (Giesbrecht, 1888)	Presente in acque aperte e costiere con le più alte abbondanze nei mesi primaverili.	Specie ad ampia distribuzione geografica, presente in tutti gli oceani fino all'Antartide. In Mediterraneo è distribuita tra 0 e 500m ma concentrata nei primi 100m.
Famiglia: Eucalanidae (Giesbrecht, 1892)		
Genere: <i>Euclanus</i> (Dana, 1852)		
<i>Euclanus elongatus</i> (Dana, 1848)	Comune in acque aperte e più rara in ambienti costieri.	Distribuita fino a 2000m di profondità.
Famiglia: Euchaetidae (Giesbrecht, 1892)		
Genere: <i>Euchaeta</i> (Philippi, 1843)		
<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)	Specie epiplanctonica,	Specie di zone tropicali, subtropicali e temperate dell'Oceano Atlantico. In Mediterraneo è presente nei primi 300m della colonna d'acqua ma concentrata nei primi 50m.
Genere: <i>Paraeuchaeta</i> (Scott, 1909)		
<i>Paraeuchaeta acuta</i> (Giesbrecht, 1892)	-	Tutti gli oceani e Mar Mediterraneo
Famiglia: Lucicutiidae (Sars, 1902)		
Genere: <i>Lucicutia</i> (Giesbrecht, 1898)		
<i>Lucicutia clausi</i> (Giesbrecht, 1889)	-	Nord Atlantico, Oceano Pacifico e Mar Mediterraneo
Famiglia: Mecynoceridae (Andronov, 1973)		
Genere: <i>Mecynocera</i> (Thompson, 1888)		
<i>Mecynocera clausi</i> (Thompson, 1888)	Forma epipelagica, è presente in acque aperte e costiere, con le più alte abbondanze nei mesi estivi.	Specie ad ampia distribuzione, presente in Mediterraneo e in tutti gli oceani fino all'Antartide. In Mediterraneo è distribuita tra 0 e 300m ma concentrata nei primi 100m.

Famiglia: Metridinidae (Sars, 1902)

Genere: *Pleuromamma* (Giesbrecht, 1898)

Pleuromamma abdominalis (Lubbock, 1856)

Più frequente in acque aperte subsuperficiali compie migrazioni verticali ed è presente in superficie soprattutto di notte. Presente ma non abbondante in acque costiere

Cosmopolita di acque tropicali e temperate. In Mediterraneo è presente fino a 2000m di profondità.

Pleuromamma gracilis (Claus, 1863)

Comune in acque aperte subsuperficiali, compie migrazioni verticali ed è frequente in superficie anche di giorno. Si ritrova anche in ambienti neritici

Cosmopolita di acque tropicali e temperate. In Mediterraneo è presente fino a 2000m di profondità.

Famiglia: Paracalanidae (Giesbrecht, 1892)

Genere: *Paracalanus* (Boeck, 1864)

Paracalanus denudatus (Sewell, 1929)

Comune in acque costiere.

Presente in Oceano Atlantico, nella regione Indo-Pacifico e in Mediterraneo. In Mediterraneo è distribuita nei primi 100m della colonna d'acqua.

Paracalanus nanus (Sars, 1907)

Comune in acque costiere.

Presente in Oceano Atlantico e in Mediterraneo. In Mediterraneo è presente nei primi 200m della colonna d'acqua.

Paracalanus parvus (Claus, 1863)

Rappresenta una delle specie più abbondanti in acque costiere.

Presente in Oceano Atlantico, Oceano Pacifico, Oceano Indiano. In Mediterraneo è distribuita nei primi 100m della colonna d'acqua.

Famiglia: Pontellidae (Dana, 1853)

Genere: *Labidocera* (Lubbock, 1853)

Labidocera wollastoni (Lubbock, 1857)

Come tutti i Pontellidae vive nell'iponeuston.

Il genere è distribuito in tutti gli oceani ed in Mediterraneo

Labidocera brunescens (Czerniavsky, 1868)

Come tutti i Pontellidae vive nell'iponeuston.

Atlantico Temperato, Mediterraneo e Mar Nero

Genere: *Pontella* (Dana, 1846)

Pontella mediterranea (Claus, 1863)

Genere: *Pontellina* (Dana, 1853)

Pontellina plumata (Dana, 1849)

Famiglia: Temoridae (Sars, 1903)

Genere: *Temora* (Baird, 1850)

Temora stylifera (Dana, 1849)

Specie appartenente alla comunità neritica del Mediterraneo; è presente per gran parte dell'anno e nel Golfo di Trieste è più abbondante in autunno.

Presente in Oceano Atlantico temperato, in Oceano Indiano e in Mar Mediterraneo (Mar Tirreno e Mar Adriatico).

<i>Haloptilus longicornis</i> (Claus, 1863)	-	Atlantico Temperato, Oceano Pacifico ed Indiano, Mar Mediterraneo
Famiglia: Heterorhabdidae (Sars, 1902)		
Genere: <i>Heterorhabdus</i> (Giesbrecht, 1863)		
<i>Heterorhabdus papilliger</i> (Claus, 1863)	Delle 7 specie del genere presenti in Mediterraneo è quella più frequente in ambienti neritici.	In Mediterraneo è distribuita fino a 1500m di profondità anche se più concentrata nello strato tra 150 e 300m. Specie presente in tutti gli oceani e molto comune negli strati superficiali.
Ordine: CYCLPOIDA (Burmeister, 1834)		
Famiglia: Cyclopinidae (Sars, 1913)		
Genere: <i>Cyclopina</i> (Claus, 1863)		
<i>Cyclopina gracilis</i> (Claus, 1863)	Vive in zone litorali, tra la vegetazione e non a grandi profondità.	Oceano Atlantico, Mare Artico, Mar Nero, Mar Mediterraneo.
<i>Cyclopina litoralis</i> (Brady, 1872)	Vive tra le alghe e i detriti del fondo, talvolta si trova anche nel plancton costiero	Coste nord europee, Mar Mediterraneo
Famiglia: Oithonidae (Dana, 1853)		
Genere: <i>Oithona</i> (Baird, 1843)		
<i>Oithona atlantica</i> (Shmeleva, 1967)	-	Oceano Atlantico temperato, Oceano Pacifico, coste del Giappone e Mar Mediterraneo
<i>Oithona decipiens</i> (Farran, 1913)	Viene segnalata occasionalmente in acque costiere, più frequentemente in tardo inverno-primavera.	Ampliamente distribuita in acque tropicali e subtropicali degli oceani Pacifico e Indiano; in Atlantico è stata segnalata soprattutto in regioni costiere. Presente anche in Mediterraneo.
<i>Oithona fallax</i> (Farran, 1913)	-	Fascia tropicale degli Oceani Atlantico e Pacifico, Mar Mediterraneo.
<i>Oithona longispina</i> ((Nishida, 1977)	Specie più caratteristica di acque aperte, ma presente anche in acque costiere, dove si ritrova tutto l'anno con le maggiori abbondanze nei mesi estivi.	Distribuita nei principali oceani e in Mediterraneo.
<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1892)	Distribuita sia in acque aperte che neritiche ma abbondante soprattutto in ambienti costieri; presente anche in ambienti salmastr, soprattutto in primavera.	Presente nei principali oceani ed è distribuita entro un ampio intervallo latitudinale. In Mediterraneo è concentrata nei primi 50m della colonna d'acqua ed è abbondante
<i>Oithona plumifera</i> (Baird, 1843)	Tipica di acque aperte e neritiche si ritrova anche in ambienti costieri. Presente tutto l'anno è più abbondante nei mesi autunnali.	Ampliamente distribuita nelle acque tropicali e subtropicali dei principali oceani ed in Mediterraneo, dove è distribuita tra 0 e 600m ma è più abbondante nei primi 100m della colonna d'acqua.
<i>Oithona setigera</i> (Dana, 1849)	In ambienti costieri non è molto abbondante ma presente tutto l'anno, particolarmente nei mesi estivi e autunnali	Ampliamente distribuita in tutti gli oceani fra 20°N e 20°S e in Mediterraneo, dove è presente fino a 3000m di profondità anche se più abbondante tra 200 e 500m.

<i>Oithona similis</i> (Claus, 1866)	Specie abbondante sia in acque aperte che costiere. Presente anche in acque salmastre. Presente tutto l'anno con abbondanza più alte in primavera-estate.	Specie cosmopolita, presente in tutti i mari entro un ampio intervallo latitudinale, dalle regioni subartiche a quelle antartiche. In Mediterraneo è presente tra 0 e 300m anche se più abbondante entro i primi 50m.
<i>Oithona tenuis</i> (Rosendorn, 1917)	Specie più tipica di acque aperte si ritrova occasionalmente anche in ambienti costieri.	Distribuita in tutti gli oceani fra 30°N e 30°S e in Mediterraneo, dove è poco abbondante.
<i>Oithona vivida</i> (Farran, 1913)	-	Oceani Indiano e Pacifico, Mar Mediterraneo

Ordine: POECILOSTOMATOIDA

(Thorell, 1859)

Famiglia: Oncaeidae (Giesbrecht, 1892)

Genere: *Oncaea* (Philippi, 1843)

<i>Oncaea conifera</i> (Giesbrecht, 1891)	Comune in acque costiere.	Presente in Mediterraneo, fino a 3000m di profondità.
<i>Oncaea curta</i> (Sars, 1916)	Comune in acque costiere.	Non si hanno dati precisi in merito alla distribuzione di questa specie ma è molto comune in Mediterraneo.
<i>Oncaea media</i> (Giesbrecht, 1891)	Molto comune ed abbondante in acque costiere.	Specie ad ampia distribuzione geografica compreso il Mar Mediterraneo, dove è presente fino a 300m di profondità, anche se è più abbondante nei primi 100m.
<i>Oncaea mediterranea</i> (Claus, 1863)	Entrambi i sessi della specie compiono migrazioni verticali durante la notte. E' comune anche in acque costiere.	Specie ad ampia distribuzione geografica in tutti gli oceani e in Mar Mediterraneo, dove si ritrova fino a 2000m di profondità ma è più abbondante tra 100 e 200m.
<i>Oncaea scottodicalloi</i> (Heron & Bradford-Grieve, 1995)	E' comune e abbondante in acque costiere. Probabilmente la sua distribuzione è in gran parte sovrapponibile a quella di <i>O. media</i> , con cui è stata confusa prima della descrizione di questa specie.	Segnalata in Mediterraneo, Atlantico, Pacifico tropicale e subtropicale orientale e sud-occidentale.
<i>Oncaea similis</i> (Sars, 1916)	-	Atlantico del Nord, Mar Mediterraneo
<i>Oncaea subtilis</i> (Giesbrecht, 1892)	-	Oceano Atlantico, Mar Mediterraneo
<i>Oncaea venusta</i> (Philippi, 1843)	Presente ma non molto abbondante in acque costiere.	Specie ad ampia distribuzione geografica in tutti gli oceani e in Mediterraneo. dove si ritrova fino a 200m di profondità.

Famiglia: Corycaeidae (Dana, 1852)

Genere: *Corycaeus* (Dana, 1844)

Corycaeus anglicus (Lubbock, 1857)

<i>Corycaeus brehmi</i> (Steuer, 1910)	Comune in ambienti costieri.	Presente in Mediterraneo fino a 300m di profondità.
--	------------------------------	---

<i>Corycaeus clausi</i> (Dahl, 1894)	Presente ma non abbondante in acque costiere.	Specie presente in Oceano Atlantico settentrionale nelle fasce tropicale e temperata e in Mediterraneo, dove è distribuita fino a 200m di profondità.
<i>Corycaeus flaccus</i> (Giesbrecht, 1891)	Presente ma non abbondante in acque costiere	Specie presente in tutti gli oceani, con ampia distribuzione latitudinale, dall'Oceano Atlantico settentrionale alle regioni Antartiche e in Mediterraneo., dove è distribuita fino a 300m di profondità anche se è più abbondante tra 50 e 100m.
<i>Corycaeus furcifer</i> (Claus, 1863)	Presente ma non abbondante in acque costiere	Specie presente in Oceano Atlantico settentrionale nelle fasce tropicale e temperata, in Oceano Pacifico, nelle regioni Antartiche e in Mediterraneo, dove è distribuita fino a 1500m di profondità ma è più abbondante tra 200 e 300m.
<i>Corycaeus giesbrechti</i> (Dahl, 1894)	Comune anche in acque costiere.	Specie presente in Oceano Atlantico nelle fasce temperate e tropicali e in Mediterraneo, dove è distribuita fino a 300m di profondità.
<i>Corycaeus latus</i> (Dana, 1949)	-	-
<i>Corycaeus limbatus</i> (Brady, 1883)	Presente sia in acque aperte sia costiere.	Presente in Oceano Atlantico nelle fasce tropicale e temperate e in Mediterraneo.
<i>Corycaeus ovalis</i> (Claus, 1863)	Specie distribuita	Presente ma non abbondante in acque costiere in tutti gli oceani e in Mediterraneo, dove è distribuita fino a 200m di profondità.
<i>Corycaeus typicus</i> (Kröyer, 1849)	Presente ma non abbondante in acque costiere.	Specie distribuita in tutti gli oceani e in Mediterraneo, dove è distribuita fino a 400m di profondità ma più abbondante tra 100 e 200m.
Genere: <i>Farranula</i> (Wilson, 1932)		
<i>Farranula</i> sp	La specie <i>Farranula rostrata</i> (Claus, 1863) è la più comune e abbondante in acque costiere	-
Famiglia: Sapphirinidae (Thorell, 1859)		
Genere: <i>Copilia</i> (Dana, 1849)		
<i>Copilia quadrata</i> (Dana, 1849)	Occasionalmente ritrovata in ambienti costieri.	Il genere è distribuito nei mari di latitudini tropicali e temperate
Famiglia: Lubbockidae (Huys & Böttger-Schnack, 1997)		
Genere: <i>Lubbockia</i> (Claus, 1863)		
<i>Lubbockia squillimana</i> (Claus, 1863)	Occasionalmente ritrovata in ambienti costieri.	In Mediterraneo la specie vive nei primi 200m della colonna d'acqua.
Ordine: HARPACTICOIDA (Sars, 1903)		
Famiglia: Clytemnestridae (Scott, 1909)		
Genere: <i>Clytemnestra</i> (Dana, 1848)		

<i>Clytemnestra rostrata</i> (Brady, 1883)	Vi sono indicazioni che le specie di questo genere discendano a moderate profondità.	Cosmopolita di ambienti temperati e tropicali.
<i>Clytemnestra scutellata</i> (Dana, 1848)	Vi sono indicazioni che le specie di questo genere discendano a moderate profondità.	Cosmopolita di ambienti temperati e tropicali.
Famiglia: Euterpinidae (Brian, 1921)		
Genere: <i>Euterpina</i> (Norman, 1903)		
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)	Forma epipelagica, neritica, in acque costiere poco profonde ed in aree salmastre. Presente quasi tutto l'anno.	Specie cosmopolita, distribuita da 66°N a 40°S.
Famiglia: Ectinosomatidae (Sars, 1903)		
Genere: <i>Microsetella</i> (Brady & Robertson, 1873)		
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1864)	Specie pelagica, viene considerata forma eurialina ed euriterma. In Mediterraneo è presente anche in ambienti salmastri tutto l'anno.	Presente in tutti i mari dall'Artico all'Antartico.
<i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1848)	Specie pelagica, è presente sia in acque aperte che costiere.	Presente in tutti i mari ad eccezione delle zone polari.

Sottoclasse: BRACHIOPODA

Ordine: CLADOCERA (Latreille, 1829)

Famiglia: Podonidae (Mordukhai-Boltovskoi, 1968)

Genere: *Evadne* (Lovén, 1836)

<i>Evadne pinifera</i> (P.E. Müller, 1867)	Ampiamente diffusa. È una specie che presenta i suoi massimi in primavera e in autunno. Il potenziale riproduttivo è in rapporto con la temperatura.	Cosmopolita di acque temperate; in Atlantico la specie è distribuita dalle coste settentrionali dell'Inghilterra fino a Capo Verde. In Mar Mediterraneo è presente ovunque.
<i>Evadne tergestina</i> (Claus, 1862)	Specie tipicamente estiva, con massimi quantitativi in corrispondenza con massimi termici. Il potenziale riproduttivo, discretamente elevato all'inizio del ciclo, diminuisce all'aumentare della temperatura per poi aumentare nuovamente verso la fine del ciclo.	Distribuita nei mari caldi, in Atlantico dalle Azzorre all'equatore e in Mediterraneo.

Genere: *Podon* (Lilljeborg, 1853)

<i>Podon polyphemoides</i> (Leuckart, 1853)	Specie euriterma ed eurialina, strettamente costiera. È l'unico cladocero marino ben rappresentato nelle lagune e negli stagni salmastri costieri dove sembra si possa riprodurre. È una specie diciclica con un massimo primaverile ed uno autunnale.	Specie distribuita in tutto il Mediterraneo.
---	--	--

Famiglia: Sididae (Baird, 1850)

Genere: *Penilia* (Dana, 1849)

Penilia avirostris (Dana, 1849)

Specie eurialina ed euriterma, prevalentemente costiera. In Mediterraneo la sciamatura inizia tipicamente all'inizio dell'estate. In Adriatico compare a giugno con una temperatura di circa 20°C. La riproduzione partenogenetica permette un rapidissimo sviluppo quantitativo della popolazione, la quale termina la sua sciamatura in autunno. Il popolamento presenta ampie oscillazioni quantitative presumibilmente legate a fenomeni di autoregolazione.

Specie cosmopolita di mari temperati e caldi. In Mediterraneo è presente ovunque in ambiente costiero, tuttavia la sua presenza sembra sia piuttosto recente.

7.3. Figure delle specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative

Sono riportate le immagini delle specie di Copepodi e Cladoceri più rappresentative in tutte le stazioni.

COPEPODI



Acartia clausi femmina (lunghezza totale 1 mm)



Acartia clausi maschio (lunghezza totale 0.8 mm)



Acartia discaudata var. *mediterranea* femmina (lunghezza totale 1 mm)



Acartia discaudata var. *mediterranea* maschio (lunghezza totale 0.7 mm)



Centropages ponticus femmina (lunghezza totale 0.8 mm)



Centropages ponticus maschio (lunghezza totale 0.7 mm)



Paracalanus parvus femmina (lunghezza totale 0.9 mm)



Paracalanus parvus maschio (lunghezza totale 0.8 mm)



Oithona nana femmina (lunghezza totale 0.5 mm)



Oithona nana maschio (lunghezza totale 0.5 mm)



Oithona similis femmina (lunghezza totale 0.7 mm)



Euterpina acutifrons femmina (lunghezza totale 0.6 mm)

CLADOCERI



Penilia avirostris (lunghezza totale 0.6 mm)



Evadne tergestina (lunghezza totale 0.5 mm)



Evadne spinifera (lunghezza totale 0.5 mm)



Podon polyphemoides (lunghezza totale 0.4 mm)

7.4. Risultati dell'indice di Classificazione CAM (Classificazione Acque Marine).

Sono riportati i risultati del CAM (Classificazione acque marine) per gli anni 2002-2007 in tutte le stazioni campionate nella Regione Lazio.

I dati sono reperibili sul sito della banca dati SIDIMAR (www.sidimar.ipzs.it)

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2002 della Regione Lazio

Mese Campagna		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
		1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Stazione	Dist.costa																								
Fiumicino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Foce del Marta	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Ladispoli	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Monte d'Argento	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Rio Martino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Zannone	100 mt																								
	730 mt																								
	1570 mt																								

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2003 della Regione Lazio

		Mese Campagna		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre			
		1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a		
Stazione	Dist.costa																												
Fiumicino	500 mt																												
	1000 mt																												
	3000 mt																												
Foce del Marta	500 mt																												
	1000 mt																												
	3000 mt																												
Ladispoli	500 mt																												
	1000 mt																												
	3000 mt																												
Monte d'Argento	500 mt																												
	1000 mt																												
	3000 mt																												
Rio Martino	500 mt																												
	1000 mt																												
	3000 mt																												
Zannone	100 mt																												
	730 mt																												
	1570 mt																												

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2004 della Regione Lazio

Mese		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
Campagna		1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Stazione	Dist.costa																								
Fiumicino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Foce del Marta	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Ladispoli	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Monte d'Argento	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Rio Martino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Zannone	100 mt																								
	730 mt																								
	1570 mt																								

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2005 della Regione Lazio

Mese		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
Campagna		1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Stazione	Dist.costa																								
Fiumicino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Foce del Marta	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Ladispoli	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Monte d'Argento	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Rio Martino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Zannone	100 mt																								
	730 mt																								
	1570 mt																								

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2006 della Regione Lazio

Mese		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile	
------	--	---------	--	----------	--	-------	--	--------	--

Indici qualità dell'acqua per l'anno 2007 della Regione Lazio

Mese		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre	
Campagna		1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Stazione	Dist.coستا																								
Fiumicino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Foce del Marta	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Ladispoli	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Monte d'Argento	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Rio Martino	500 mt																								
	1000 mt																								
	3000 mt																								
Zannone	100 mt																								
	730 mt																								
	1570 mt																								