

## MONITORAGGIO MARINO COSTIERO

### RELAZIONE FINALE ATTIVITÀ GIUGNO 2003 - DICEMBRE 2004

1	PARTECIPANTI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	2
1.1	Caratterizzazione del mezzo navale utilizzato	3
2	CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE INDAGATE	8
2.1	Caratterizzazione dell'area costiera	8
2.2	Tipologia ed entità delle fonti di immissione	11
2.3	Tipologia ed entità delle fonti di inquinamento da mare	24
3	ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	25
3.1	Monitoraggio acqua	25
3.2	Monitoraggio plancton	30
3.3	Monitoraggio sedimento	32
3.4	Monitoraggio biota	33
3.5	Monitoraggio benthos	34
4	CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE COSTIERE REGIONALI	40
4.1	Monitoraggio acqua	40
4.2	Monitoraggio plancton (giugno 2001 - dicembre 2004)	57
4.3	Monitoraggio sedimento	84
4.4	Monitoraggio biota	86
4.5	Monitoraggio benthos	87
5	PROPOSTE DI MODIFICHE AL MONITORAGGIO	91
5.1	Condizioni meteorologiche e idrodinamismo	91
5.2	Frequenze di campionamento	92
5.3	Sedimento	93
5.4	Indagini biologiche	93
6	LETTERATURA CONSULTATA	96



# 1 PARTECIPANTI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

## Responsabili del Programma

- Responsabile regionale: Gilda Ruberti
- Responsabile Tecnico regionale: Marisa Iozzelli
- Ente attuatore: ARPAT - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana
- Responsabile del programma per ARPAT e soggetto unico raccolta dati: Fabrizio Serena
- Coordinatore generale delle attività per l'ARPAT: Lucio De Maio

## Personale Tecnico dell'Ente che effettua il programma (ARPAT)

- *Coordinatori*: Lucio De Maio; Fabio Gambassi.

- Partecipanti:

### *Monitoraggio acqua*

Prelievo e misure in mare in tempo reale: Lucio De Maio; Michele Magri; Andrea Valentini; Francesco Lavista; Riccardo Biancalana; Paolo Benci; Davide Auteri.

Analisi: Luisa Gori.

### *Monitoraggio plancton*

Prelievo e pretrattamento: Lucio De Maio; Michele Magri; Andrea Valentini; Francesco Lavista; Riccardo Biancalana; Paolo Benci; Davide Auteri.

Analisi: Daniela Verniani; Marco Cruscanti; Silvio Nuti.

### *Monitoraggio sedimento*

Prelievo e pretrattamento: Lucio De Maio; Michele Magri; Andrea Valentini; Francesco Lavista; Riccardo Biancalana; Paolo Benci; Davide Auteri.

Analisi: Luisa Gori.

### *Monitoraggio biota*

Prelievo e pretrattamento: Lucio De Maio; Michele Magri; Andrea Valentini; Francesco Lavista; Riccardo Biancalana; Paolo Benci; Davide Auteri.

Analisi: Luisa Gori.

### *Monitoraggio benthos*

Prelievo e pretrattamento: Lucio De Maio; Michele Magri; Andrea Valentini; Francesco Lavista; Marco Cruscanti; Riccardo Biancalana; Paolo Benci; Davide Auteri.

Analisi: Michele Magri; Andrea Valentini; Daniela Verniani.



## 1.1 CARATTERIZZAZIONE DEL MEZZO NAVALE UTILIZZATO

È stato utilizzato il Poseidon, battello oceanografico dell'ARPAT. Progettato e costruito appositamente per svolgere attività di monitoraggio marino costiero, ha, tra le sue principali peculiarità, quella di poter compiere campagne oceanografiche costiere della durata di diversi giorni.

L'unità è costruita interamente in vetroresina con strutture proporzionate in modo da resistere nel tempo alle sollecitazioni alle quali l'unità potrà essere sottoposta. Essa è compartimentata in modo da conservare ampi requisiti di galleggiabilità e stabilità con uno qualsiasi dei compartimenti stagni allagati, dato che ognuno di essi è separato dagli altri da paratie stagne.

La carena dell'imbarcazione è stata studiata per garantire la massima stabilità possibile nelle varie operazioni di ricerca. Si tratta di una carena di tipo planante a "V" profonda, con un angolo medio di alzata di circa 18 gradi al centro e di circa 24 a poppa. Tale forma, largamente sperimentata, consente una bassa resistenza all'avanzamento, un ottimo comportamento in mare agitato e doti di eccezionale manovrabilità e stabilità. L'imbarcazione è inoltre dotata di due timoni del tipo sospeso semicompensati e di due alettoni incernierati allo specchio di poppa che consentono il controllo dell'assetto dinamico.

Tutte le superfici interne dei locali non abitati sono protette contro gli incendi per evitare l'eventuale propagazione delle fiamme. Di seguito sono riportati i dati tecnici della M/n "Poseidon".

### *Dati tecnici del Poseidon*

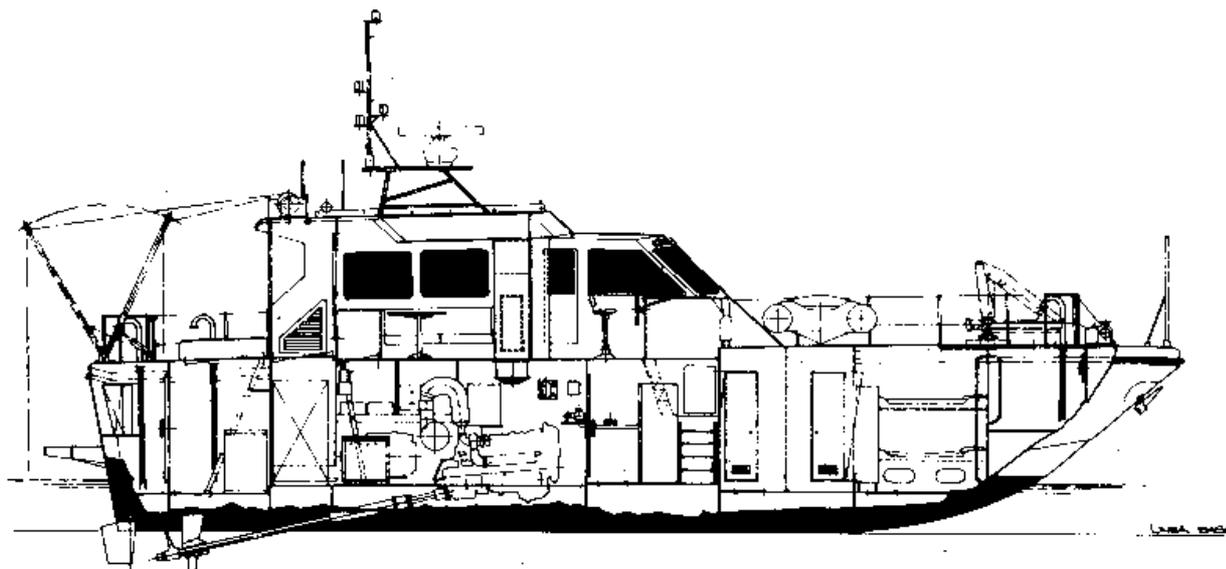
Lunghezza fuori tutto:	18 m
Lunghezza al galleggiamento:	16,35 m
Larghezza fuori tutto:	5,60 m
Immersione:	1,80 m
Stazza lorda:	38,94 ton.
Volume totale casse combustibile:	3,0 mc
Volume totale casse acqua dolce:	0,3 mc
Velocità di crociera:	16 nodi
Velocità massima:	20 nodi
Motorizzazione:	2 x 385 CV IVECO
Energia elettrica:	220 V e 24V
Potenza	2 X 13 KW
Costruzione:	1992
Cantiere:	Crestitalia Ameglia (SP)



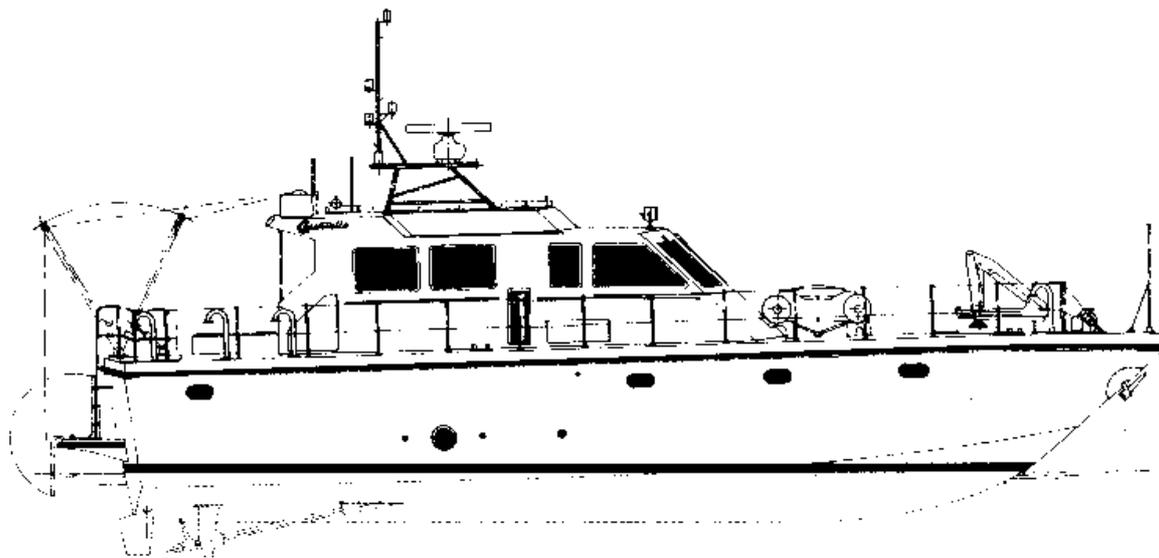
*Figura 1 - Veduta d'insieme M/n Poseidon*

### **Logistica degli spazi a bordo e abitabilità**

L'imbarcazione è interamente climatizzata e consente a bordo l'alloggio confortevole di 5 persone, anche se gli spazi disponibili permettono di ospitare fino ad 11 persone più il comandante, come riportato nella "Licenza di navigazione". La suddivisione degli spazi è stata eseguita in funzione dell'attività da svolgere a bordo, come mostrato nelle figure sottostanti.



*Figura 2 - M/n Poseidon: vista longitudinale con visione degli spazi interni*



*Figura 3 - M/n Poseidon: vista longitudinale*

A poppavia della sala macchine è situato il laboratorio “umido” dove, attraverso i rubinetti di un lavello, è possibile ottenere, oltre all’acqua dolce, anche acqua di mare proveniente da un impianto automatico per il prelievo attraverso una presa in chiglia; qui è presente la strumentazione per il pretrattamento, la filtrazione, la fissazione, la refrigerazione dei campioni raccolti. L’accesso a questo locale avviene dal ponte di coperta a poppa, attraverso un ampio boccaporto situato nelle immediate vicinanze della zona in cui si effettua il prelievo manuale di campioni di acqua, di sedimento o di biota da conservare, trattare o analizzare.

Nella tuga del Poseidon, sul ponte di coperta, si trovano due aree operative dove si svolge la maggioranza del lavoro a bordo: la plancia e il laboratorio oceanografico. Quest’ultimo è composto da un ampio locale dove è installato il sistema hardware e software per l’acquisizione, la gestione e l’archiviazione in una banca dati delle misure effettuate; sul lato di dritta è presente un banco da lavoro con un lavello per il prelievo di campioni di acqua, così come quello presente nel laboratorio sottocoperta già descritto; è anche presente tutto quanto necessario alla filtrazione e al pretrattamento dei campioni; sul lato sinistro si trova una dinette con tavolo per riunioni e carteggio nautico. L’accesso alla tuga avviene attraverso due porte, una rivolta verso poppa, nel laboratorio oceanografico, che rende diretta la comunicazione con il ponte a poppa dove viene manovrata la sonda; l’altra sul lato sinistro nella plancia; entrambe queste aperture sono dotate di chiusura stagna per rendere sicura l’imbarcazione anche in condizioni meteo-marine estreme.

### **Attrezzature di coperta**

Sul ponte poppiero è installato un arco con sbraccio azionato da motore idraulico e servito da verricello con cavo di acciaio conduttore di tipo oceanografico; questo verricello, azionato idraulicamente, è posizionato al di sopra della tuga in modo da non intralciare le operazioni sul ponte.

Sullo specchio di poppa dell’imbarcazione e quasi al livello del pelo dell’acqua, è presente un grosso bottazzo che costituisce un’ampia piattaforma (plancetta poppiera) con molteplici funzioni, come ad esempio, consentire il prelievo di campioni di acqua anche manualmente, semplificare le operazioni del subacqueo, evitare che il cavo con cui viene manovrata la sonda possa interferire in qualche modo con le eliche o i timoni.

Nelle immediate vicinanze dell'arco poppiero c'è una postazione con i comandi dell'imbarcazione in modo che il comandante possa presiedere direttamente alle operazioni di messa a mare di strumentazione e manovrare eventualmente l'imbarcazione.

Sull'estrema prua è posizionata una gru per la manovra di strumentazione pesante come carotiere, benna o draga oceanografica e per l'alaggio di un gommone con motore fuoribordo, rizzato a poppavia della gru.

### **Dotazione strumentale del battello oceanografico poseidon**

Nel descrivere la strumentazione del battello oceanografico verrà fatta distinzione tra la strumentazione nautica necessaria per la conduzione della navigazione e quella oceanografica, che costituisce la dotazione strumentale con la quale vengono eseguite le misure, i rilievi e i prelievi durante l'attività in mare; in questo secondo gruppo verrà racchiusa anche la strumentazione subacquea di bordo e quella per il pretrattamento e la conservazione dei campioni raccolti.

#### ***Strumentazione nautica:***

- G.P.S. Furuno;
- Geonav interfacciato con il G.P.S. (sistema cartografico);
- Radar GEM Furuno;
- Loran "C" Furuno
- Ecoscandaglio 600 M Furuno a colori;
- Pilota automatico NECO Furuno;
- Bussola magnetica;
- VHF
- barometro per la misura della pressione atmosferica;
- igrometro per la misura dell'umidità relativa;
- termometro per la misura della temperatura dell'aria;
- anemometro per la misura della velocità del vento (R.M. YOUNG Co. mod. 05103);
- anemoscopio per la misura della direzione del vento (R.M. YOUNG Co. mod. 05103).

#### ***Strumentazione oceanografica:***

- Rack standard contenente:
- Gruppo di continuità (UPS) per l'alimentazione di tutta la strumentazione oceanografica;
- n° 1 Computer COMPAQ portatile mod. E500 interfacciato con la sonda multiparametrica e GPS, dotato di scheda GSM PCMCIA per trasmissione dati, collegamento posta elettronica e scheda PCMCIA con doppia porta seriale;
- n°1 computer desk top con digiboard a 8 porte seriali interfacciato con stazione meteorologica, bussola fluxgate, GPS, ecoscandaglio, Side Scan Sonar;
- G.P.S. Trimble mod. DSM 12;
- Ricevitore Omnistar per la ricezione da satellite delle correzioni differenziali DGPS;



- Deck unit sonda multiparametrica;
- Deck unit Side Scan Sonar;
- n° 2 monitor posizionati sulla plancia e collegati ai due computer di bordo;
- n° 2 sonde multiparametriche Idronaut mod. OCEAN SEVEN 316;
- Fluorimetro mod. SEAPOINT CHLOROPHYLL FLUORIMETER;
- Torbidimetro mod. SEAPOINT TURBIDITY METER;
- Correntometro Aanderaa RCM 9 con torbidimetro, conducimetro e termometro;
- Correntometro profilatore ADCP RDI mod. WORKHORSE SENTINEL ADCP;
- Software di acquisizione e gestione dati da sonda multiparametrica interfacciato anche con sistema di posizionamento GPS;
- Software di navigazione interfacciato con sistema di posizionamento GPS;
- Software da survey oceanografico e geofisico interfacciato con sistema di posizionamento DGPS;
- Software per la realizzazione di mosaico da registrazione di dati Side Scan Sonar;
- Side Scan Sonar;
- Sistema ROV per riprese subacquee;
- n° 2 Retino per il prelievo di plancton standard WP2;
- Carotiere a gravità;
- Box corer per prelievo indisturbato di sedimento;
- Benna oceanografica Van Veen;
- Draga oceanografica;
- Bottiglie tipo Niskin per il prelievo di campioni di acqua;
- Due boe oceanografiche dotate di sonde multiparametriche ed elettronica di bordo per la trasmissione dei dati misurati via GSM con sistema di allarme in caso di allontanamento dal punto di ancoraggio.

***Attrezzatura subacquea:***

- 5 mute da 5 e 7 mm. Rofosub
- 4 monobombola con doppia rubinetteria da 15 l.
- 2 G.A.V. Mares e schienalino
- 2 Sistema “octopus” più erogatore di emergenza Scubapro
- Maschere, pinne, ecc..

***Strumentazione per il pretrattamento e la conservazione dei campioni raccolti***

- Apparato di filtrazione
- Congelatore ( $\leq -15$  °C)
- Frigorifero ( $4^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ )

## 2 CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE INDAGATE

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA COSTIERA

#### 2.1.1 Tipologia dei bacini idrografici afferenti

I bacini idrografici afferenti, considerati tali in quanto bacini di I ordine per il tratto costiero toscano (D. Lgs. 152/99) - anche se il Fiora ha la foce nel Lazio e il Magra in Liguria - sono:

Albegna regionale;

Arno nazionale (interamente compreso all'interno della Toscana);

Bruna regionale;

Cecina regionale;

Cornia regionale;

Fiora interregionale (per questo bacino vengono forniti i dati relativi solo alla parte compresa nel territorio regionale toscano);

Magra interregionale (per questo bacino vengono forniti i dati relativi solo alla parte compresa nel territorio regionale toscano);

Ombrone grossetano regionale;

Serchio regionale.

#### 2.1.2 Caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua

Albegna. Sviluppo dell'asta fluviale: 66 km. Superficie totale del bacino: 748 km<sup>2</sup>.

Arno. Sviluppo dell'asta fluviale: 241 km. Superficie totale del bacino: 9047 km<sup>2</sup>; bacino imbrifero: 8.228 km<sup>2</sup>. Tipo pluviometrico da sub – litoraneo appenninico nelle parti più elevate a marittimo nella fascia più prossima alla costa tirrenica. I deflussi seguono le caratteristiche delle precipitazioni nella irregolarità di distribuzione e sono caratterizzati da due massimi (dicembre – marzo) e da un minimo assoluto (agosto). Il deflusso totale medio annuo dell'intero bacino è pari a circa 3 miliardi di m<sup>3</sup> con una portata media di 100 m<sup>3</sup>/s in chiusura di bacino. Sono presenti numerose vasche o cave destinate all'immagazzinamento delle acque torbide di morbida e di piena dell'Arno, che depositano i materiali trasportati in sospensione.

Bruna. Superficie totale del bacino: 441 km<sup>2</sup>. Canalizzato per quasi tutto il suo corso.

Cecina. Sviluppo dell'asta fluviale: 78 km. Superficie totale del bacino: 765 km<sup>2</sup>. Il fiume presenta lunghe magre durante l'estate e forti piene da novembre a primavera.

Cornia. Sviluppo dell'asta fluviale: 50 km. Superficie totale del bacino: 435 km<sup>2</sup>. La sua valle costituisce un serbatoio naturale di acqua dolce, localizzato in un acquifero costituito da depositi alluvionali, alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche, dai deflussi di subalveo del fiume e da alcuni torrenti minori.

Fiora. Superficie totale del bacino in Toscana: 420 km<sup>2</sup>.

Magra. Sviluppo dell'asta fluviale: 62 km. Superficie totale del bacino, per la parte toscana: 990 km<sup>2</sup>. Regime idrico dipendente dalle piogge, abbondanti e distribuite specialmente in



autunno e in primavera, periodi nei quali si registrano le massime piene (generalmente 3 – 5 in un anno). La minor portata si registra in estate.

Ombrone grossetano. Sviluppo dell'asta fluviale: 161 km. Superficie totale del bacino: 4422 km<sup>2</sup>. Regime pluviometrico caratterizzato da marcata stagionalità

Serchio. Sviluppo dell'asta fluviale 102 km. Superficie totale del bacino 1614 km<sup>2</sup>; bacino imbrifero 1.408 km<sup>2</sup>. Altezza media annua di pioggia 1.946 mm. La portata media in prossimità della chiusura di bacino è pari a 46 m<sup>3</sup>/s. Nel bacino sono presenti numerosi invasi ENEL.

### 2.1.3 Caratterizzazione geologiche con indicazioni sulla tipologia dei substrati

Albegna. L'alta valle presenta una geomorfologia varia e accidentata, con pareti rocciose di calcare massiccio. Il fiume nasce in prossimità del Monte Amiata, risentendo quindi della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

Arno. Terreni pianeggianti per il 17% dell'intera superficie; di poco inferiore la percentuale di terreni di media e alta montagna. Fortemente predominante la parte del territorio classificabile come collinare. Le formazioni geologiche sono in prevalenza impermeabili, costituite da argille, marne, scisti argillosi, calcari marnosi e arenarie compatte. La parte prevalentemente permeabile del bacino non supera il 5% dell'intera superficie. La copertura alluvionale, quasi ovunque di spessore modesto, è presente sul 23% della superficie. Nel complesso le rocce costituenti il bacino dell'Arno sono facilmente erodibili, con forte trasporto solido. L'erosione in alveo è stata favorita dalla sottrazione di materiali, effettuata nelle numerose vasche o cave destinate all'immagazzinamento delle acque torbide di morbida e di piena dell'Arno, che depositano i materiali trasportati in sospensione, nonché dal prelievo di materiali di fondo, come ghiaie o sabbie.

Bruna. Come già detto, il fiume è canalizzato per quasi tutto il suo corso.

Cecina. Elevati valori di conducibilità delle acque.

Cornia. Acquifero costituito da depositi alluvionali.

Fiora. Scorre quasi interamente sul fondo di profonde forre calcaree e tufacee. Nasce sul Monte Amiata, risentendo quindi della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

Magra. Nel tratto della Bassa Val di Magra scorre tra due dorsali: l'occidentale, che corrisponde al promontorio che delimita il golfo di La Spezia, e l'orientale, che culmina al monte Cornoviglio e continua al di là della Media Val di Magra con le Alpi Apuane. Lungo il fiume Magra sono presenti boschi di aghifoglie e castagneti nella parte più in alto, mentre nelle aree a quota più bassa ci sono vigneti e uliveti; la pianura è intensamente coltivata.

Ombrone grossetano. Presenta la maggior portata di sedimenti in sospensione dei fiumi toscani, dovuta all'alta erodibilità delle rocce, costituite in buona parte da formazioni plioceniche argilloso – sabbiose, sulle quali è impostato il suo corso. La pianura grossetana è una pianura alluvionale, formatasi a partire dal Pleistocene superiore grazie all'apporto dei sedimenti dell'Ombrone nel grande golfo creatosi in conseguenza delle trasgressioni legate alle fasi interglaciali. Dal momento che il suo bacino è interessato da acque provenienti dal Monte Amiata, risente della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

Serchio. Sono presenti gole rocciose strette e profonde, con ripide pareti calcaree.

#### 2.1.4 Condizioni climatiche

Il territorio della regione Toscana presenta una grande variabilità climatica legata alle sue caratteristiche orografiche e alla sua particolare disposizione geografica in relazione alla catena Appenninica e al Mar Tirreno. Le possibilità climatiche sono quindi molteplici, anche se genericamente in letteratura vengono classificate come climi mediterranei. Le mappe di piovosità climatologiche della Toscana (periodo 1951 - 1994) evidenziano regimi pluviometrici con stagionalità molto marcata: due massimi in primavera e in autunno e un minimo in estate, tipico della classe dei climi mediterranei. Valutazioni in termini percentuali riferite al quinquennio 1995 - 2000 rispetto al valore medio climatologico, indicano un decremento delle precipitazioni estive, più marcato lungo la zona costiera. A questo fa fronte un rilevante incremento della pioggia autunnale, più sensibile nelle aree dove è più forte il contributo pluviometrico legato alle caratteristiche orografiche e topografiche, come nel bacino dell'Arno.

Per quanto concerne gli eventi pluviometrici intensi (sopra i 40 mm in primavera e 60 mm in autunno) l'evoluzione su base secolare è in aumento in due aree chiave, Versilia e bacino fiorentino.

Per quanto riguarda la temperatura regionale, è evidente l'effetto mitigante del mare, che tende a ridurre i valori in estate e a incrementarli in inverno. Nell'ultimo quinquennio (1995 - 2000) si evidenzia una riduzione abbastanza accentuata nelle aree costiere meridionali, riconducibile a un aumento generale della copertura nuvolosa estiva o comunque a un maggior grado di estinzione della radiazione solare diretta. È confermato il riscaldamento generale invernale, anche se occorre ricordare la presenza dell'effetto isola di calore nelle rilevazioni termometriche a terra, all'interno o nelle immediate vicinanze del tessuto urbano di talune città.

#### 2.1.5 Classificazione dei corsi d'acqua ai sensi D.Lgs. 152/99.

La classificazione e le considerazioni riportate sono effettuate sulla base del LIM (livello inquinamento da macrodescrittori - D.Lgs. 152/99) o dell'IBE. Quando i dati sono stati disponibili è stato determinato il SECA (stato ecologico dei corsi d'acqua).

Albegna. Non è stato possibile stimare il livello di inquinamento da macrodescrittori. L'indice di qualità biologica (IBE) rivela uno stato di qualità elevato (classe I) nel tratto a monte, per poi scendere fino a classe III, che indica un ambiente alterato, nel tratto inferiore.

Arno. Tratto iniziale (provincia di Arezzo): il LIM resta relativamente basso (livello 2) e la qualità è buona. Territorio fiorentino: inizia il peggioramento a valle di Firenze, qualità da scarsa a sufficiente (LIM inizialmente livello 4, poi 3). Territorio pisano: la qualità è costantemente scarsa fino alla foce (livello 4), talvolta pessima.

Bruna. Non è stato possibile stimare il LIM, mentre l'IBE ha permesso di esprimere un giudizio di qualità di ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione (classe III/II).

Cecina. Inizialmente, tratto senese, la qualità del fiume è elevata (SECA 1), mentre procedendo verso la foce si passa prima ad un livello buono (LIM 2) ed infine sufficiente (LIM 3). Si notano valori mediamente elevati di solfati e di cloruri.

Cornia. Inizialmente lo stato ecologico è al limite del buono (SECA 2-3), mentre vicino alla foce è appena sufficiente (SECA 3).



Fiora. Non è stato possibile calcolare il LIM. L'IBE mostra, nel tratto toscano, un ambiente inizialmente non inquinato (Classe I) e, verso il confine con il Lazio, con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione (classe II).

Magra. Nel tratto toscano, a monte della foce che è in Liguria, la qualità è sostanzialmente buona (SECA 2).

Ombrone grossetano. Nel tratto senese del bacino la qualità oscilla tra buona e sufficiente (LIM e IBE tra 2 e 3), successivamente, nel grossetano, si mantiene su un livello buono fino alla foce.

Serchio. Nel tratto lucchese lo stato ecologico è buono (SECA 2) con una tendenza al peggioramento verso la zona pisana, dove il livello di qualità peggiora nettamente (LIM 3 e 4), mantenendosi al limite del sufficiente fino alla foce.

## 2.2 TIPOLOGIA ED ENTITÀ DELLE FONTI DI IMMISSIONE

### 2.2.1 Distribuzione della popolazione.

La popolazione residente nei comuni costieri toscani è rimasta sostanzialmente invariata negli ultimi 10 anni, con le sole variazioni di rilievo concentrate nei comuni più grandi e, soprattutto, a vocazione industriale, quali Pisa, Livorno e Piombino, fatto spiegabile con la crisi occupazionale che ha investito negli ultimi vent'anni i settori produttivi dell'industria pesante. Il calo demografico, seppur contenuto, non è stato sufficientemente compensato, a livello provinciale, dall'aumento registrato in tutte le altre "piccole" località della costa toscana, fenomeno diffuso a livello nazionale ed in tutto il bacino mediterraneo di incremento della popolazione della fascia costiera, soprattutto se interessata da fattori di crescita economica dovuti alla risorsa turistica.

Le maggiori concentrazioni di popolazione si trovano nel settore settentrionale della costa. Infatti, nel tratto compreso tra Carrara e Cecina, che rappresenta solo il 22% della lunghezza della costa toscana, si addensa oltre il 70% degli abitanti della fascia costiera, con densità medie di oltre 720 abitanti/ km<sup>2</sup> e punte di oltre 1500 Ab/km<sup>2</sup> nei comuni di Viareggio e Livorno. Nella restante parte della costa, sia continentale che insulare, le densità sono mediamente poco superiori a 120 Ab/km<sup>2</sup>, cioè quasi 6 volte inferiori; il valore più elevato (Follonica) è, addirittura, circa la metà del valore medio riscontrato a Nord del Cecina. Per avere un termine di paragone su che cosa possano significare questi valori, si ricorda che la densità di popolazione media dell'Italia è intorno a 190 Ab/km<sup>2</sup> (tra 1991 e 1999) e quella della Toscana è poco superiore a 150 Ab/km<sup>2</sup>.

La situazione a livello di singolo comune mostra come all'interno di ciascuno dei due gruppi ci siano situazioni diverse. Vi sono infatti comuni che non sembrerebbero eccessivamente popolati, ma che, invece, rispetto alla superficie occupata mostrano densità ragguardevoli, mentre vi sono comuni che dispongono di un territorio sufficiente a disperdere gran parte dei residenti, abbassando sensibilmente la loro densità di popolazione, come Pisa o Grosseto.

### 2.2.2 Turismo

Analizzando i dati a livello comunale, appare evidente come vi siano alcune realtà dove il fenomeno turistico raggiunge valori di presenze nettamente emergenti rispetto alla restante costa, situazioni, peraltro, ben facilmente prevedibili, conoscendo la tradizione e la vocazione turistica

che da lungo tempo queste località hanno: principalmente Massa, Viareggio, Pisa, Castiglione della Pescaia, Grosseto, Argentario, Isola d'Elba. Vi è poi un altro gruppo, molto numeroso, di comuni che hanno presenze turistiche importanti, ma non come le prime, con valori mediamente compresi tra 300 e 600mila: questo secondo gruppo comprende gli altri comuni della Versilia, tutta la costa tra Livorno e Follonica ed alcune zone dell'Elba.

Una caratteristica saliente è l'aumento che si osserva tra 1992 e 2000 per tutta la costa: questo fenomeno, come si è già messo in evidenza per la popolazione, è una tendenza diffusa a livello di bacino mediterraneo, vuoi proprio per il sempre maggior sfruttamento delle risorse turistiche balneari e marine, vuoi per un'augmentata competitività del trasporto marittimo e della navigazione di tipo crocieristico. In particolare, in alcune località, anche già ben conosciute, assistiamo ad un vero e proprio raddoppio nel numero di turisti tra il 1992 ed il 2000: Massa, Pisa, Cecina e San Vincenzo, senza contare quelle con livelli bassi ma ben più che raddoppiati nel corso degli anni.

### **2.2.3 Industria e portualità.**

Le concentrazioni industriali e portuali di Massa e Carrara, Livorno, Rosignano e Piombino costituiscono senza dubbio "aree critiche" per quanto concerne la qualità delle acque marine costiere; in particolare, in riferimento agli scarichi industriali, hanno rilevanza le ultime tre, in quanto Massa e Carrara non presentano industrie di questa tipologia.

Per Livorno e Piombino, la necessità di approfondire le problematiche legate al rischio industriale in tali "aree ad elevata concentrazione industriale" è stata riconosciuta formalmente nel 1995, in occasione di uno dei tanti, reiterati decreti di modifica del DPR 175 del 1988, che ha recepito in Italia la direttiva "Seveso".

Livorno e Piombino sono due poli produttivi di primaria importanza, caratterizzati da una elevata densità di industrie a rischio di incidente rilevante, in stretta relazione funzionale con un complesso sistema di trasporti terrestri, imperniato sul binomio porto-infrastrutture viarie terrestri.

La "criticità" derivante dalla presenza delle industrie a rischio e dalla ingente movimentazione di sostanze pericolose ha reso necessaria la predisposizione di piani di intervento, con l'indicazione di azioni di mitigazione dei rischi.

In virtù della Legge 9 dicembre 1998, n. 426 "Nuovi interventi in campo ambientale", è stata individuata una serie di siti di interesse nazionale nei quali sono necessari primi interventi di bonifica. Come riporta la legge essi sono "quelli compresi nelle seguenti aree industriali e siti ad alto rischio ambientale i cui ambiti sono perimetrati, sentiti i comuni interessati, dal Ministero dell'Ambiente...". Tra gli interventi di bonifica di interesse nazionale, in Toscana sono presenti Piombino, Massa Carrara, il canale industriale di Livorno e l'area ex Sitoco della Laguna di Orbetello.

### **2.2.4 Agricoltura.**

Le zone dove le attività agricole hanno un peso significativo sull'economia e sullo sviluppo delle zone costiere si ritrovano soprattutto nel tratto meridionale. Infatti, la costa maremmana, soprattutto nella provincia di Grosseto, è stata oggetto di intense bonifiche nel secolo scorso per risanare le zone costiere paludose e dedicare le aree così ricavate alla coltivazione agricola, anche di tipo intensivo. Questo fenomeno, oltre a modificare tutto il regime dei piccoli corsi d'acqua costieri ed il ciclo delle acque in genere, ha comportato



cambiamenti nel trasporto solido verso il mare e nell'immissione nell'ambiente di elementi nutritivi.

Le maggiori concentrazioni delle coltivazioni agricole si hanno nella zona compresa tra Piombino e Follonica (Valle del Cornia), nella piana compresa tra la foce del Bruna e dell'Ombrone Grossetano e nei pressi dell'Albegna.

Nel tratto settentrionale della costa toscana, invece, non si hanno grandi estensioni coltivate, ma prevalgono, talvolta, sistemi di coltura intensiva in serra. Nel tratto versiliese - pisano questa tipologia risulta particolarmente sviluppata e, nonostante le aree dedicate non siano paragonabile a quelle maremmane, a causa della diversa pratica agricola, l'impatto che queste coltivazioni possono avere sulle risorse idriche, sia come prelievo ed uso delle acque che come immissioni inquinanti, è notevole.

Un fenomeno che desta una certa preoccupazione nella zona costiera è l'intrusione salina, cioè la penetrazione di acqua salata in falde idriche costiere comunicanti con il mare, a causa dell'eccessivo prelievo.

### 2.2.5 Pressioni esercitate sui bacini afferenti

(carico organico potenziale riferito al 2000 espresso in AbEq; carico trofico teorico riferito al 2000 espresso, in tonnellate/anno di N e P, come totale delle frazioni demografica, industriale, agricola e zootecnica).

Albegna. Carico organico potenziale: AbEq 220.219; carico trofico teorico: N tonnellate 2.934; P tonnellate 1.478.

Arno. Carico organico potenziale: AbEq 7.477.781; carico trofico teorico: N tonnellate 34.951; P tonnellate 13.499.

Bruna. Carico organico potenziale: AbEq 86.791; carico trofico teorico: N tonnellate 1.168; P tonnellate 547.

Cecina. Carico organico potenziale: AbEq 114.168; carico trofico teorico: N tonnellate 1.873; P tonnellate 959.

Cornia. Carico organico potenziale: AbEq 78.111; carico trofico teorico: N tonnellate 1.014; P tonnellate 484.

Fiora. Carico organico potenziale: AbEq 113.424; carico trofico teorico: N tonnellate 1.262; P tonnellate 622.

Magra. Carico organico potenziale: AbEq 163.762; carico trofico teorico: N tonnellate 1.644; P tonnellate 645.

Ombrone grossetano. Carico organico potenziale: AbEq 1.157.308; carico trofico teorico: N tonnellate 14.909; P tonnellate 7.383.

Serchio. Carico organico potenziale: AbEq 941.152; carico trofico teorico: N tonnellate 3.565; P tonnellate 1.166.

### 2.2.6 Agglomerati presenti

Non sono stati ancora definiti gli agglomerati, così come stabilito dalla specifica normativa.

### 2.2.7 Tipologia ed entità degli apporti

Stima degli apporti puntuali: catasto degli scarichi, n. scarichi autorizzati;

Impianti di depurazione presenti con indicazioni su potenzialità in A.E., A.E. depurati, funzionamento e recapito prevalente dei reflui (direttamente in mare o nella parte finale dei corsi d'acqua ad esso afferenti); i due punti vengono trattati insieme in quanto, in Toscana, gli scarichi diretti in mare, o nel tratto terminale di corsi d'acqua nelle immediate vicinanze del mare, sono per la massima parte sottoposti a trattamento depurativo e vengono, comunque, elencati tutti i depuratori presenti in ciascun comune costiero.

Bisogna tener presente che i valori reali dei carichi depurati sono mediamente molto al di sotto di quelli potenziali, in quanto questi ultimi sono previsti per sopportare i forti aumenti sporadici che possono verificarsi soprattutto nel periodo di massimo afflusso turistico.

I dati sono stati raggruppati per comune e per provincia in ordine Nord - Sud, con la sola eccezione dei comuni facenti parte dell'Arcipelago Toscano, che sono stati raggruppati nella parte finale della tabella.

Tabella 1 - Potenzialità depurative dei comuni costieri toscani (aggiornamento al 2001)

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq.	
					di progetto	serviti
MS	Carrara	Bergiola	fanghi attivi	f. Canale (Frigido)	600	472
MS	Carrara	Castelpoggio	fanghi attivi	T. Parmignola	600	600
MS	Carrara	Colonnata	fanghi attivi	T. Carrione	500	322
MS	Carrara	Fontia	fanghi attivi	T. Carrione	320	200
MS	Carrara	Fossa Maestra	fanghi attivi	T. Parmignola	65.000	25.000
MS	Carrara	<i>Totale comunale</i>			<i>67.020</i>	<i>26.594</i>
MS	Massa	Lavello	fanghi attivi	T. Lavello	93.600	64.000
MS	Massa	Querce	fanghi attivi	F. Frigido	50.000	50.000
MS	Massa	Forno	fanghi attivi	F. Frigido	800	600
MS	Massa	Casette	fanghi attivi	f. Bastera	800	600
MS	Massa	Antona	fanghi attivi	f. Antona	600	450
MS	Massa	Altagnana	fanghi attivi	f. Altagnana	600	450
MS	Massa	Resceto	fanghi attivi	f. Tambura	250	200
MS	Massa	<i>Totale comunale</i>			<i>146.650</i>	<i>116.300</i>
MS	Montignoso	Cinquale	fanghi attivi	T. Cinquale	200	200
MS	<i>Totale prov.le</i>				<i>213.870</i>	<i>143.094</i>
LU	Camaione	Lido Camaione	fanghi attivi	f. Lama (Motrone)	50.000	19.600
LU	Camaione	Capoluogo	fanghi attivi	Rio Camaione (Abate)	18.000	12.000
LU	Camaione	Secco	fanghi attivi	f. del Teso (Motrone)	8.000	8.000
LU	Camaione	Capezzano	fanghi attivi	f. Argin Vecchio (Motrone)	2.000	1.800
LU	Camaione	S. Lucia	fanghi attivi	in dismissione	500	
LU	Camaione	Monteggiori	fanghi attivi	in dismissione	500	
LU	Camaione	Gombitelli	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	Fibbiano	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	Valpronaro	fanghi attivi	T. Freddana (Serchio)	500	
LU	Camaione	Fibbiella	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	<i>Totale comunale</i>			<i>81.000</i>	<i>41.400</i>
LU	Forte dei Marmi	Capoluogo	fanghi attivi	f. Fiumetto	10.000	2.500

<sup>1</sup> In questa colonna vengono riportati i corpi idrici nei quali recapitano direttamente i depuratori (o la località sulla costa se diretto in mare) e, se diversi, quelli che veicolano i carichi in mare, indicati tra parentesi, con le seguenti:

b. = botro; c. = canale; em. = emissario; F. = fiume; f. = fosso; L. = lago; l. = laguna; T. = torrente



CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE INDAGATE

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq.	
					di progetto	serviti
LU	Pietrasanta	Pollino	fanghi attivi	f. Fornazione (Motrone)	80.000	30.000
LU	Pietrasanta	Valdicastello	fanghi attivi	fosso (Motrone)	1.000	
<i>LU</i>	<i>Pietrasanta</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>81.000</i>	
LU	Viareggio	Capoluogo	fanghi attivi	f. Faravola (Burlamacca)	83.000	54.000
LU	Totale prov.le				255.000	127.900
PI	Pisa	La Fontina	fanghi attivi	F. Morto	30.000	25.000
PI	Pisa	S. Iacopo	fanghi attivi	F. Morto	35.000	25.000
PI	Pisa	Tirrenia	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	35.000	5.000
PI	Pisa	Marina di Pisa	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	10.000	5.000
PI	Pisa	Oratoio	fanghi attivi	f. Stecchi (Navicelli)	10.000	10.000
<i>PI</i>	<i>Pisa</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>120.000</i>	<i>70.000</i>
PI	S. Giuliano Terme					
PI	Vecchiano	Migliarino	sedimentazione	L. Massaciuccoli	3.000	250
PI	Vecchiano	Capoluogo	fanghi attivi	L. Massaciuccoli	9.000	8.500
<i>PI</i>	<i>Vecchiano</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>12.000</i>	<i>8.750</i>
PI	Totale prov.le				132.000	78.750
LI	Bibbona	La California	fanghi attivi	f. della Madonna	35.000	3.000
LI	Castagneto C.cci	Marina Castag.	fanghi attivi	f. di Bolgheri	41.000	6.000
LI	Castagneto C.cci	Fontanelle	fanghi attivi	f. dei Mulini (Bolgheri)	2.000	1.300
LI	Castagneto C.cci	Bolgheri	fanghi attivi	b. Fornaci	400	250
<i>LI</i>	<i>Castagneto C.cci</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>43.400</i>	<i>7.550</i>
LI	Cecina	Marina di Cecina	fanghi attivi	f. Nuovo	38.500	25.000
LI	Cecina	Pacchione	fanghi attivi	f. degli Impiccati*	500	150
<i>LI</i>	<i>Cecina</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>39.000</i>	<i>25.150</i>
LI	Livorno	Livorno Rivellino	fanghi attivi	zona portuale (mare)	239.000	160.000
LI	Livorno	Quercianella	fanghi attivi	T. Chioma	5.000	1.500
LI	Livorno	Livorno Paduletta	fanghi attivi	f. della Botticina (zona portuale)	5.000	4.000
<i>LI</i>	<i>Livorno</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>249.000</i>	<i>165.500</i>
LI	Piombino	Ferriera	Fanghi attivi	P.ta Semaforo (mare)	50.000	40.000
LI	Piombino	Montegemoli	Fanghi attivi	f. Corniaccia	2.000	1.600
LI	Piombino	Popolonia Staz.	Fanghi attivi	f. Allacciante	1.000	1.000
LI	Piombino	Riotorto	Fanghi attivi	f. Corniaccia Nord	2.000	2.000
<i>LI</i>	<i>Piombino</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>75.000</i>	<i>44.600</i>
LI	Rosignano M.mo	Rosignano S.	fanghi attivi	zona spiaggia Solvay	60.000	20.000
LI	Rosignano M.mo	Castelnuovo M.	fanghi attivi	f. San Giorgio (Fine)	2.000	1.000
LI	Rosignano M.mo	Gabbro	fanghi attivi	b. Sanguigna (Fine)	2.000	1.000
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	400	400
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	400	400
<i>LI</i>	<i>Rosignano M.mo</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>65.400</i>	<i>25.400</i>
LI	San Vincenzo	Guardamare	Fanghi attivi	b. ai Marmi	20.000	10.000
LI	San Vincenzo	La Valle	Fanghi attivi	Punta Sud (mare)	18.000	9.000
LI	San Vincenzo	San Carlo	Fanghi attivi	f. delle Rozze	500	300
LI	San Vincenzo	Zona Industriale	Fanghi attivi	b. del Bufalone	150	100
<i>LI</i>	<i>S. Vincenzo</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>38.650</i>	<i>19.400</i>
LI	Totale prov.le				510.450	280.600
GR	Capalbio	Acqua Salsa	Fanghi attivi	f. della Carige (Chiarone)	1.500	1.500
GR	Capalbio	Borgo Carige	Fanghi attivi	f. della Carige (Chiarone)	4.000	3.979
GR	Capalbio	Capalbio	Fanghi attivi	vari fossi (L. Burano)	600	156
GR	Capalbio	Capalbio Scalo	Fanghi attivi	f. Melone (L. Burano)	1.000	602
GR	Capalbio	Chiarone	Fanghi attivi	F. Chiarone	500	400
GR	Capalbio	Poggetti	Fanghi attivi	F. Chiarone	60	60
GR	Capalbio	Selva nera	Fanghi attivi	F. Chiarone	35	35

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq.	
					di progetto	serviti
GR	Capalbio	Pescia Fiorentina	Imhoff	sub irrigazione	50	32
GR	Capalbio	Torba		c. Tagliata (L. Burano)	1.000	40
GR	<i>Capalbio</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>8.745</i>	<i>6.804</i>
GR	Cast. Pescaia	Buriano		f. Rigo (Bruna)	32	32
GR	Cast. Pescaia	Le Paludine	fanghi attivi	f. La Valle (Bruna)	35.000	10.000
GR	Cast. Pescaia	Punta Ala	fanghi attivi	Punta Ala (mare)	300	300
GR	Cast. Pescaia	Tirli		f. Zeva	200	200
GR	Cast. Pescaia	Vetulonia		vari fossi (Bruna)	300	300
GR	<i>Cast. Pescaia</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>35.832</i>	<i>10.832</i>
GR	Follonica	Campo Cangiolo	fanghi attivi	c. Solmine	104.000	21.060
GR	Grosseto	Alberese	Biologico	f. Seccatore (Ombrone)	1.184	1.184
GR	Grosseto	Batignano	Biologico	f. Salica (Ombrone)	1.000	732
GR	Grosseto	Braccagni	biologico	f. La Laura (Bruna)	1.000	1.077
GR	Grosseto	S. Giovanni	Biologico	f. Razzo (Ombrone)	100.000	57.000
GR	Grosseto	Istia d'Ombrone	Fanghi attivi	f. Sellari (Ombrone)	6.000	1.694
GR	Grosseto	Marina Grosseto	Percolatore	em. S. Rocco	25.000	3.100
GR	Grosseto	Montepescali		vari fossi (Bruna)	336	336
GR	Grosseto	Principina a Mare	fanghi attivi	f. Razzo (Ombrone)	5.000	187
GR	Grosseto	Rispecchia		f. Rispecchia (Ombrone)	1.000	1.000
GR	Grosseto	Roselle	Percolatore	c. Molla (mare)	6.000	2.305
GR	<i>Grosseto</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>146.520</i>	<i>68.615</i>
GR	Magliano	Magliano	sedimentatore	vari fossi	1.000	880
GR	Magliano	Montiano	imhoff	F. Osa	500	465
GR	Magliano	Pereta	fitodepurazione		250	230
GR	<i>Magliano</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>1.750</i>	<i>1.575</i>
GR	Monte Argentario	Terrarossa	fanghi attivi	l. Orbetello (mare)	30.000	20.000
GR	Orbetello	Albinia	fitodepurazione	Suolo	4.600	4.600
GR	Orbetello	Ansedonia	imhoff e fito dep	Suolo	300	300
GR	Orbetello	Fonteblanda	fanghi attivi	f. Fonteblanda (mare)	4.000	1.350
GR	Orbetello	Giannella	dep Terrarossa		1.000	1.000
GR	Orbetello	Neghelli	fanghi attivi	l. Orbetello	15.000	9.000
GR	Orbetello	Quattro strade	fanghi attivi	piccoli fossi	200	200
GR	Orbetello	Talamone	fanghi attivi	Talamone	450	450
GR	<i>Orbetello</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>25.550</i>	<i>16.900</i>
GR	Scarlino	Le Case	fanghi attivi	c. Allacciante	50	50
GR	Scarlino	Puntono	fanghi attivi	c. Solmine	400	400
GR	Scarlino	Scarlino	fanghi attivi	f. Fontino (Allacciante)	700	700
GR	Scarlino	Scarlino Scalo	fanghi attivi	c. Allacciante	800	800
GR	<i>Scarlino</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>1.950</i>	<i>1.950</i>
GR	Totale prov.le				354.347	147.736
LI	Campo nell'Elba	Marina di campo	fanghi attivi condotta sottom.	Golfo di Campo	20.000	
LI	Campo nell'Elba	Fetovaia	condotta sottom.	Fetovaia	2	
LI	Campo nell'Elba	Seccheto	condotta sottom.	Seccheto	2	
LI	Campo nell'Elba	loc. Bonalaccia	fanghi attivi	f. della Galea	2.000	
LI	<i>Campo nell'Elba</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>22.000</i>	
LI	Capoliveri	Lacona-Margidore	Fanghi attivi condotta sottom.	Golfo di Lacona	4.500	
LI	Capoliveri	Lido	condotta sottom.		8	
LI	Capoliveri	Naregno	condotta sottom.		8	

<sup>2</sup> le condotte sottomarine sono state conteggiate, anche se non si tratta di un impianto di depurazione "sensu strictu" e delle quali non sono disponibili i dati di carichi trattati, in quanto la L.R.T. 5/86 regola il loro utilizzo per veicolare a mare scarichi parzialmente trattati



Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq.	
					di progetto	serviti
LI	Capoliveri	loc. Vaccarelle	fanghi attivi	f. dei Salici	4.600	
LI	Capoliveri	<i>Totale comunale</i>			9.100	
LI	Capraia Isola	Capraia isola	fanghi attivi		5.500	100
LI	Marciana	loc. Costarella	fanghi attivi	f. Pedalta	1.500	
LI	Marciana	Chiessi	fanghi attivi	f. Gnaccarina	800	
LI	Marciana	Pomonte	condotta sottom.	Pomonte	8	
LI	Marciana	Procchio	condotta sottom.	Procchio	7.000	500
LI	Marciana	S. Andrea	condotta sottom.	S. Andrea	8	
LI	Marciana	Poggio	fanghi attivi	f. Nevera	1.500	
LI	Marciana	<i>Totale comunale</i>			10.800	500
LI	Marciana Marina	Capoluogo	condotta sottom.	porto	8	
LI	Porto Azzurro	Capoluogo	fanghi attivi	porto	20.000	
LI	Portoferraio	loc. Grigolo	condotta sottom.		8	
LI	Portoferraio	Bonalaccia	fanghi attivi	mare	2.000	
LI	Portoferraio	Schiopparello	fanghi attivi	f. Fabbrello	2.000	850
LI	Portoferraio	<i>Totale comunale</i>			4.000	850
LI	Rio Marina	Capoluogo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	loc. Cavo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	<i>Totale comunale</i>				
LI	Rio nell'Elba	loc. Padreterno	fanghi attivi	Rio Ortano	4.000	3.000
GR	Isola del Giglio	Campese	condotta a mare		120	120
GR	Isola del Giglio	Giglio Castello	fanghi attivi	a dispersione	1.000	650
GR	Isola del Giglio	Giglio Porto	condotta a mare		1.000	780
GR	Isola del Giglio	<i>Totale comunale</i>			2.120	1.550
Totale Arcipelago					77.520	6.000
<b>Totale regionale</b>					<b>1.543.187</b>	<b>784.080</b>

Inoltre, per fornire un quadro completo delle pressioni che insistono sulla fascia costiera e, in parte, per rispondere al punto successivo, si presentano i dati dei carichi organici potenziali (in Ab. Eq.) e dei carichi trofici di Azoto e Fosforo prodotti a livello di ogni singolo comune dai diversi settori.

Tabella 2 - Carico organico potenziale dei comuni costieri toscani nel 2000

Prov.	Comune	Carico organico potenziale (AbEq)			Totale
		Civile	Industriale	Zootecnico	
MS	Carrara	65.589	38.440	693	104.722
MS	Massa	72.174	64.581	1.701	138.456
MS	Montignoso	10.111	5.354	664	16.129
MS	<i>Totale provinciale</i>	147.875	108.375	3.058	259.308
LU	Forte dei Marmi	9.876	4.827	80	14.782
LU	Pietrasanta	25.872	16.585	1.735	44.191
LU	Camaiole	32.087	20.834	2.914	55.835
LU	Viareggio	61.717	57.863	2.283	121.863
LU	<i>Totale provinciale</i>	129.551	100.108	7.011	236.671
PI	Vecchiano	11.452	6.710	4.772	22.934
PI	San Giuliano Terme	30.243	18.302	5.753	54.299
PI	Pisa	96.131	137.735	18.045	251.911
PI	<i>Totale provinciale</i>	137.827	162.747	28.571	329.145
LI	Livorno	162.140	121.209	2.396	285.745
LI	Rosignano Marittimo	31.785	100.948	6.583	139.316
LI	Cecina	28.169	15.313	1.264	44.746
LI	Bibbona	5.032	4.482	7.544	17.058
LI	Castagneto Carducci	10.126	7.863	5.895	23.884

Prov.	Comune	Carico organico potenziale (AbEq)			Totale
		Civile	Industriale	Zootecnico	
LI	San Vincenzo	8.385	5.822	1.406	15.613
LI	Piombino	35.826	24.305	6.996	67.127
LI	<i>Totale provinciale</i>	<i>281.463</i>	<i>279.942</i>	<i>32.085</i>	<i>593.489</i>
GR	Follonica	22.775	20.065	1.129	43.969
GR	Scarlino	3.313	14.927	5.292	23.532
GR	Castiglione d. Pescaia	10.823	5.407	8.045	24.275
GR	Grosseto	75.257	52.063	109.426	236.746
GR	Magliano in Toscana	3.803	1.302	62.772	67.876
GR	Orbetello	17.718	17.902	43.533	79.154
GR	Monte Argentario	13.367	6.396	-	19.763
GR	Capalbio	4.102	3.993	42.246	50.341
GR	<i>Totale provinciale</i>	<i>151.159</i>	<i>122.055</i>	<i>272.443</i>	<i>545.657</i>
LI	Capraia Isola	442	400	90	932
LI	Portoferraio	13.822	6.967	323	21.112
LI	Marciana Marina	2.288	902	30	3.220
LI	Marciana	2.982	1.290	4	4.276
LI	Campo nell'Elba	6.120	2.748	195	9.063
LI	Capoliveri	5.698	1.130	22	6.850
LI	Porto Azzurro	3.954	1.423	540	5.917
LI	Rio Marina	2.651	1.779	38	4.467
LI	Rio nell'Elba	1.315	105	-	1.420
GR	Isola del Giglio	1.827	1.029	382	3.238
	<i>Arcipelago Toscano</i>	<i>41.098</i>	<i>17.772</i>	<i>1.625</i>	<i>60.495</i>
	<b>Totale regionale</b>	<b>888.973</b>	<b>790.998</b>	<b>344.793</b>	<b>2.024.763</b>

Tabella 3 - Carichi trofici di Azoto (N) e di Fosforo (P) in t/anno nei comuni costieri della Toscana nel 2000 (elaborazioni da dati ISTAT e Regione Toscana)

Prov	Comune	Carico trofico di Azoto (t/anno)				Carico trofico di Fosforo (t/anno)					
		Civile	Industr.	Zootec.	Agricolt.	Totale	Civile	Industr.	Zootec.	Agricolt.	Totale
MS	Carrara	295.151	52.500	3.531	22.301	373.484	43.945	4.375	566	12.624	61.510
MS	Massa	324.785	56.030	6.825	133.487	521.127	48.357	4.565	1.028	82.509	136.459
MS	Montignoso	45.501	4.840	3.977	13.403	67.721	6.775	664	578	8.453	16.469
MS	<i>Totale provinciale</i>	<i>665.437</i>	<i>113.370</i>	<i>14.334</i>	<i>169.191</i>	<i>962.332</i>	<i>99.076</i>	<i>9.604</i>	<i>2.172</i>	<i>103.586</i>	<i>214.438</i>
LU	Forte dei Marmi	44.441	2.180	481	2.742	49.844	6.617	577	79	1.772	9.046
LU	Pietrasanta	116.422	24.980	10.277	34.978	186.657	17.334	1.635	1.820	22.317	43.105
LU	Camaiore	144.392	14.940	17.924	109.314	286.569	21.498	2.047	2.550	69.171	95.267
LU	Viareggio	277.725	38.090	10.335	40.746	366.895	41.350	3.945	1.534	26.174	73.004
LU	<i>Totale provinciale</i>	<i>582.980</i>	<i>80.190</i>	<i>39.016</i>	<i>187.780</i>	<i>889.966</i>	<i>86.799</i>	<i>8.204</i>	<i>5.984</i>	<i>119.434</i>	<i>220.422</i>
PI	Vecchiano	51.536	4.280	30.305	149.057	235.178	7.673	763	4.258	94.052	106.746
PI	San Giuliano Terme	136.095	7.030	34.062	219.289	396.477	20.263	2.000	4.954	140.672	167.889
PI	Pisa	432.591	62.120	105.106	469.260	1.069.077	64.408	6.162	14.626	298.042	383.239
PI	<i>Totale provinciale</i>	<i>620.222</i>	<i>73.430</i>	<i>169.474</i>	<i>837.607</i>	<i>1.700.732</i>	<i>92.344</i>	<i>8.926</i>	<i>23.838</i>	<i>532.766</i>	<i>657.874</i>
LI	Livorno	729.631	82.840	12.297	63.316	888.083	108.634	10.806	2.021	36.404	157.865
LI	Rosignano Marittimo	143.031	28.440	38.690	289.325	499.485	21.296	2.043	5.783	184.378	213.500
LI	Cecina	126.759	8.300	8.026	129.751	272.836	18.873	1.773	1.205	82.939	104.789
LI	Bibbona	22.645	730	39.754	160.421	223.550	3.372	203	6.015	101.419	111.009
LI	Castagneto Carducci	45.565	3.370	41.392	301.365	391.692	6.784	558	5.760	185.599	198.701
LI	San Vincenzo	37.734	1.250	9.360	70.459	118.803	5.618	458	1.296	45.130	52.503
LI	Piombino	161.217	49.090	44.679	325.797	580.783	24.003	2.313	6.581	208.058	240.956



Prov	Comune	Carico trofico di Azoto (t/anno)					Carico trofico di Fosforo (t/anno)				
		Civile	Industr.	Zootec.	Agricolt.	Totale	Civile	Industr.	Zootec.	Agricolt.	Totale
LI	<i>Totale provinciale</i>	1.266.582	174.020	194.198	1.340.432	2.975.232	188.580	18.155	28.661	843.928	1.079.324
GR	Follonica	102.489	7.220	7.925	82.221	199.855	15.260	1.453	1.117	52.503	70.332
GR	Scarlino	14.909	3.400	25.566	207.037	250.911	2.220	207	3.804	127.001	133.232
GR	Castiglione Pescaia	48.702	2.370	41.006	286.928	379.006	7.251	500	5.965	178.408	192.123
GR	Grosseto	338.658	27.710	570.066	1.689.427	2.625.861	50.422	4.864	82.337	1.082.403	1.220.026
GR	Magliano in Toscana	17.112	320	246.993	912.805	1.177.230	2.548	251	38.014	580.564	621.377
GR	Orbetello	79.733	4.340	246.276	603.064	933.413	11.871	1.021	35.117	383.705	431.714
GR	Monte Argentario	60.151	3.350	-	25.311	88.812	8.956	875	-	14.480	24.311
GR	Capalbio	18.460	1.300	164.116	631.659	815.535	2.749	262	24.810	400.608	428.428
GR	<i>Totale provinciale</i>	680.215	50.010	1.301.947	4.438.452	6.470.624	101.276	9.433	191.163	2.819.671	3.121.543
LI	Capraia Isola	1.990	90	367	516	2.964	296	23	56	333	709
LI	Portoferraio	62.198	4.570	2.056	33.482	102.306	9.261	804	326	20.472	30.862
LI	Marciana Marina	10.294	220	90	1.530	12.134	1.533	127	17	951	2.627
LI	Marciana	13.417	310	10	1.600	15.337	1.998	153	2	1.005	3.157
LI	Campo nell.Elba	27.539	1.140	1.383	28.221	58.284	4.100	290	200	17.297	21.888
LI	Capoliveri	25.643	330	151	9.039	35.162	3.818	212	28	5.132	9.189
LI	Porto Azzurro	17.795	360	3.562	5.187	26.904	2.649	230	529	3.172	6.581
LI	Rio Marina	11.928	270	234	930	13.362	1.776	152	32	569	2.529
LI	Rio nell.Elba	5.916	50	-	3.856	9.821	881	67	-	2.475	3.423
GR	Isola del Giglio	8.221	440	2.328	1.983	12.971	1.224	104	408	1.216	2.952
	<i>Arcipelago Toscano</i>	184.941	7.780	10.181	86.343	289.245	27.536	2.162	1.597	52.623	83.917
	<b>Totale regionale</b>	4.000.376	498.800	1.729.149	7.059.805	13.288.131	595.612	56.485	253.414	4.472.008	5.377.518

### 2.2.8 Tipologia ed entità degli scarichi zootecnici presenti che gravitano nel bacino che influenza il tratto di costa interessato;

Si rimanda ai carichi riferibili all'attività zootecnica per i singoli comuni (vedi tabelle sopra) e si riportano i carichi organici potenziali (in Ab. Eq.) e i carichi trofici di Azoto e di Fosforo (in t/anno) prodotti dal solo settore zootecnico nel 2000 per i bacini idrografici costieri, intendendo sempre e solo la parte toscana di questi.

Bacino idrografico	Carichi prodotti dal settore Zootecnico		
	Ab. Eq.	T/anno di N	T/anno di P
Albegna	220.219	703	113
Arno	7.477.781	3.856	776
Bruna	86.791	275	50
Cecina	114.168	269	41
Cornia	78.111	185	30
Fiora	113.424	280	45
Magra	163.762	369	60
Ombrone grossetano	1.157.308	2.896	476
Serchio	941.152	451	66

### 2.2.9 Tipologia ed entità degli allevamenti ittici in acque interne o vallicolture;

#### Allevamenti in laguna:

- Orbetello:

Laguna: allevamento estensivo (rimonta del pesce dal mare con moderate immissioni di avannotti);

Stagno di Frecciolosa: allevamento semi intensivo di orate. Comunicazione con la Laguna di Orbetello;

### **Impianti di ittiocoltura situati nelle immediate vicinanze della costa, con scarico diretto o indiretto a mare:**

- Rosignano:

Solvay: avannotteria, anche con attività di ricerca. Utilizza acque calde reflue industriali;

- Piombino:

Agroittica: intensivo a vasche. Utilizza acque calde reflue da Centrale Termoelettrica. Ingrasso di spigole e orate. Dotato di avannotteria (la più grossa avannotteria della Toscana);

Falesia: intensivo a vasche. Utilizza acque calde reflue da Centrale Termoelettrica. Ingrasso di spigole e orate;

- Castiglione della Pescaia:

intensivo a vasche. Ingrasso di spigole;

- Orbetello:

Santa Liberata: intensivo a vasche. Ingrasso di spigole. Dotato di avannotteria;

Giannella: intensivo a vasche. Ingrasso di spigole;

Vigneto: intensivo a vasche. Ingrasso di spigole, orate e ombrine;

Ittima: intensivo a vasche. Ingrasso di spigole, orate ombrine;

- Ansedonia:

Cosa: intensivo a vasche. Ingrasso di spigole, orate e ombrine.

### **2.2.10 Tipologia ed entità degli insediamenti industriali**

Si rimanda, per la parte generale, a quanto già detto sull'utilizzo del territorio e si riferisce nelle specifico sulle tre aree di Livorno, Rosignano e Piombino.

#### **Zona di Livorno.**

L'apporto a mare di acque reflue della città di Livorno e della zona circostante si può scomporre in due distinti settori, quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi (polo industriale, servizi e produzione energetica).

Il porto di Livorno è costituito da due grandi sistemi di bacini, il porto industriale, di recente fondazione, e quello commerciale; al suo interno è localizzato anche il cantiere navale L. Orlando. Gli accessi navigabili sono le due aperture foranee, dalle quali transita il traffico marittimo, e la piccola apertura del canale dei Navicelli.

A servizio del traffico portuale sono presenti sulle darsene alcuni impianti di trattamento delle acque di zavorra e di sentina delle navi e numerose aziende scaricano i loro reflui depurati nel bacino portuale.



Per quanto riguarda l'apporto inquinante da insediamenti civili, l'impatto più significativo è quello dell'impianto di depurazione della città di Livorno: anch'esso recapita nel bacino portuale e tratta anche un certo numero di scarichi provenienti da insediamenti produttivi.

L'acqua di raffreddamento della Centrale Termoelettrica ENEL viene attualmente immessa, in via provvisoria, nel sistema dei Fossi Medicei, al fine di garantire, aumentando la velocità di scorrimento delle acque, il ricambio delle stesse.

L'AGIP Petroli invia a spot le acque trattate in un canale secondario, che poi si immette nel canale Scolmatore e da qui in mare.

L'ambiente portuale, quindi, riceve la quasi totalità degli scarichi trattati, civili e industriali, fungendo come una sorta di immenso sedimentatore per i solidi sospesi, ma le sue aperture foranee mettono in comunicazione le acque portuali con il mare aperto.

### **Zona di Rosignano**

L'area industriale di Rosignano comprende, all'interno dello stabilimento della Solvay, vari impianti produttivi appartenenti alle società Solvay Chimica Italia S.p.A e Solvay Polyolefins Europe Italia S.p.A. È presente, inoltre, un impianto di Cogenerazione EE – vapore della ROSEN S.p.A.

Le unità produttive sono le seguenti:

- Sodiera: produzione di carbonato di sodio, bicarbonato di sodio, cloruro di calcio;
- Elettrolisi: produzione di cloro, idrogeno, soda caustica;
- Polietilene: produzione di resine con differenti caratteristiche;
- Perossidati: produzione di acqua ossigenata, percarbonato di sodio, perborato di sodio tetraidrato;
- Prodotti clorati: produzione di clorometani e acido cloridrico.

Tra tutte queste linee produttive sono particolarmente rilevanti, ai fini dell'impatto sul mare costiero, la sodiera (processo Solvay) e l'impianto per la produzione di cloro, idrogeno e soda caustica per via elettrolitica (celle a catodo di mercurio).

Comune a entrambi i processi è la necessità di disporre di soluzioni concentrate di cloruro di sodio (salamoia), per la purificazione del quale si producono grandi quantità di carbonato di calcio in soluzione acquosa (solidi sospesi), che si aggiungono alla rilevante frazione di solidi sospesi prodotta dalla sodiera; la frazione solida (circa 200.000 tonnellate/anno) è poi convogliata, attraverso lo scarico di stabilimento, direttamente in mare, dove produce una caratteristica "macchia bianca". I processi sono, poi, caratterizzati da specifici stadi, con la produzione di ulteriori residui di lavorazione. L'immissione in mare di mercurio, assai rilevante nel passato, è drasticamente diminuita a partire dal 1976, residuando comunque una consistente contaminazione da parte di questo metallo negli strati più profondi del sedimento.

### **Zona di Piombino**

Il territorio di Piombino è caratterizzato dalla presenza di un polo industriale di notevoli dimensioni: la sola industria siderurgica occupa una superficie di 8milioni di m<sup>2</sup>. Le principali Aziende presenti sul territorio, che oltre tutto hanno forti interconnessioni con l'ambiente marino, sono:

- Lucchini S.p.A. Azienda siderurgica a ciclo integrale, principale polo italiano per la produzione di laminati lunghi;
- I.S.E. S.p.A. (Ilva Servizi Energetici). Controlla e gestisce le Centrali termoelettriche ubicate all'interno dello stabilimento Lucchini;
- La Magona d'Italia. Azienda metalmeccanica, tra i principali produttori italiani di lamiere zincate e/o verniciate;
- SOL S.p.A. Per la produzione di gas tecnici e medicali: ossigeno, azoto, argon;
- Dalmine. Per la produzione di tubazioni zincate e con rivestimento plastico;
- Centrale Termoelettrica ENEL di Torre del Sale, alimentata a olio combustibile (4 gruppi da 320 MW ciascuno);
- Porto di Piombino. Per il traffico di materie prime o di merci prelaborate destinate alle attività industriali, merci alla rinfusa, traffico di collegamento con le isole e sistema di approvvigionamento di olio combustibile per la CTE ENEL.

Anche per Piombino l'apporto di acque reflue si può scomporre in due distinti settori, considerando quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi. A differenza di Livorno, le acque di scarico civile non recapitano nelle acque portuali ed è in via di completamento un progetto, finanziato in ambito europeo, per il loro riutilizzo nei processi produttivi dell'area industriale.

Gli effluenti industriali confluiscono nella quasi totalità (uno della Magona e quattro della Lucchini) nel bacino portuale e da qui indirettamente nel Golfo di Follonica; i rimanenti (ENEL, Dalmine, Lucchini) recapitano direttamente nelle acque del Golfo di Follonica.

Anche qui, come per Livorno, il porto, anche se di dimensioni decisamente meno rilevanti, va a costituire il sedimentatore di una gran parte dei materiali solidi apportati dagli scarichi, nonché la via di uscita a mare di eventuali sostanze contaminanti in soluzione. Date le elevatissime diluizioni che si verificano nell'ambiente marino, è l'apporto solido, con le sostanze contaminanti che lo accompagnano, a costituire il principale veicolo degli inquinanti a mare. Si deve inoltre considerare l'apporto a mare di solidi provenienti non da scarichi, ma dalle emissioni in atmosfera provenienti in prevalenza dall'impianto siderurgico (polveri sedimentabili in uscita dai camini, spolveramento durante le operazioni di scarica delle navi carboniere, spolveramento dai carbonili e dai parchi materie prime).

Nel Golfo di Follonica, oltre all'intera area industriale e portuale di Piombino, insistono anche le industrie chimiche del Casone di Scarlino (Tioxide, produttrice di biossido di titanio, e Nuova Solmine, produttrice di acido solforico), con scarico congiunto diretto in mare, attraverso un canale emissario appositamente realizzato

### 2.2.11 Tipologia dei porti

Sull'argomento si veda anche quanto già riferito al punto precedente.

I maggiori porti toscani, dal punto di vista delle caratteristiche infrastrutturali (vedi tabella) sono, in ordine di grandezza, Livorno, Piombino, Marina di Carrara e Portoferraio. Questi stessi porti, tutti insieme, contribuiscono ad oltre il 95% del traffico marittimo regionale sia come tonnellaggio delle navi transitate che come tonnellate di merci movimentate; da essi transita oltre l'80% dei passeggeri.



Tabella 4 - Infrastrutture portuali dei porti toscani – Ministero dei Trasporti e della Navigazione 1995

Porto	Prov.	Merci e passeggeri		
		Accosti n°	metri	Piazzali m <sup>2</sup>
Marina di Carrara	MS	4	1.600	145.470
Viareggio	LU	1	250	13.105
Livorno	LI	17	6.413	611.700
Piombino	LI	10	2.340	90.200
Portoferraio	LI	7	739	6.750
Capraia Isola	LI	1	12	0
Rio Marina	LI	1	123	0
Porto Azzurro	LI	1	83	0
Follonica	GR	1	700	0
Castiglione della Pescaia	GR	1	120	2.400
Talamone	GR	3	149	3.000
Porto S. Stefano	GR	6	685	3.700
Isola del Giglio	GR	1	40	0

La differenza tra tipologie portuali risulta ben evidente anche esaminando i dati dei movimenti effettuati ogni anno nei principali porti che rappresentano tra il 70 ed il 100% del totale toscano, a seconda del parametro considerato. Infatti, se come numero di navi, a parte Marina di Carrara che è sensibilmente inferiore a tutti gli altri (e lo è per tutte le grandezze del traffico), i tre porti di Livorno, Piombino e Portoferraio sembrano abbastanza equivalenti, analizzando il tonnellaggio appare come Livorno sia nettamente superiore agli altri due.

Tabella 5 - Movimenti di navi, di merci e di passeggeri nei principali porti toscani, calcolati come media mensile nel periodo 1996-98 – da dati ISTAT

Porto	Prov.	Navi		Merci		Passeggeri			
		n°	TSN*	t	n°				
Marina di Carrara	MS	125	2%	346.955	4%	240.434	9%	26	0%
Livorno	LI	1.096	22%	5.253.929	63%	1.712.248	70%	110.857	23%
Piombino	LI	1.364	27%	1.497.028	18%	470.023	19%	155.506	32%
Portoferraio	LI	996	20%	1.027.793	12%	54.915	2%	136.431	28%
<b>TOSCANA</b>		<b>5.016</b>	<b>100%</b>	<b>8.336.793</b>	<b>100%</b>	<b>2.340.469</b>	<b>100%</b>	<b>484.052</b>	<b>100%</b>

\*TSN = Tonnellate di stazza netta, è un parametro utilizzato per quantificare dimensioni e capacità del naviglio

Per quanto concerne, nello specifico, i porti di Livorno e Piombino, si è già detto nel paragrafo precedente. Tra questi porti si distacca nettamente, per tutti i parametri considerati, quello livornese e la cosa può risultare ancor più rilevante se consideriamo la vicinanza delle altre installazioni di Viareggio e Marina di Carrara e la difficoltà nel ricambio idrodinamico di queste acque. Quindi è presumibile che il forte impatto ambientale di Livorno debba essere assorbito quasi interamente da una ristretta fascia litorale, con tutte le conseguenze che ne possono derivare.

Le navi movimentate nel porto livornese sono essenzialmente dedicate al trasporto merci, con un rapporto di 3-4 volte maggiore rispetto a Piombino (analogo a quello del TSN) ed ancora più elevato per Portoferraio.

Se, infine, osserviamo i dati del traffico passeggeri troviamo un'altra volta un sostanziale equilibrio tra i tre porti. Però, se consideriamo il fatto che i porti di Piombino e Portoferraio sono praticamente di fronte, divisi solo dal Canale di Piombino, e che scambiano tra loro la quasi

totalità del traffico passeggeri, possiamo, in pratica, ritenere che si tratti di un unico fattore di pressione e che l'incidenza sull'ambiente sia quella del solo Piombino.

## **2.3 TIPOLOGIA ED ENTITÀ DELLE FONTI DI INQUINAMENTO DA MARE**

### **2.3.1 Entità e tipologia del traffico marittimo**

Al fine di quantificare e qualificare i traffici diretti verso la costa toscana si rimanda alla precedente tabella sul movimento di navi, merci e passeggeri nei porti toscani che, anche se piuttosto datata, fornisce un apprezzabile quadro d'insieme sulla questione.

Per quanto concerne il traffico "di transito", non espressamente diretto nei porti toscani, non disponiamo dei dati. Possiamo comunque rilevare che il canale di Piombino costituisce un rilevante nodo per numerose rotte marittime.

Dal momento, poi, che il porto di Livorno (in parte anche di quello di Piombino) costituisce un importante scalo per prodotti petroliferi e sostanze chimiche, un elevato numero di navi petroliere e, in parte, chimichiere, sono costantemente in navigazione nelle vicinanze delle coste toscane. Questo fatto, insieme a quello più generale delle navi che solcano le acque mediterranee per trasportare i prodotti petroliferi dai paesi produttori (principalmente il Medio Oriente e l'Africa settentrionale) verso i paesi europei che si affacciano sulle sue rive, fa sì che il problema principale delle fonti di inquinamento da mare sia proprio costituito dal trasporto di tali prodotti e dal loro rilascio a mare, accidentale e non. Queste navi sono, in gran parte, di vecchia concezione (si stima che oltre il 60% abbia più di 15 anni di età) e, quindi, spesso non dotate di misure di sicurezza per prevenire sversamenti (sistemi di svuotamento di cisterne ed acque di sentina "top and load") ed incidenti (doppio scafo): ogni anno vengono immesse nelle acque mediterranee oltre 630 mila tonnellate di petrolio.

Da segnalare un episodio che, anche se non avvenuto nel Mediterraneo, interessava direttamente le coste toscane; si tratta del caso della Erika, che naufragata sulle coste della Bretagna nel 1999, era diretta a Livorno ed avrebbe dovuto rifornire le industrie di Piombino. Inoltre sempre più numerosi lungo le coste toscane sono le segnalazioni relative a spiaggiamenti di materiali di natura petrolifera od alla presenza di macchie oleose in mare, come è accaduto nel 2000 all'Isola d'Elba (Fetovaia) o nel 2001 al largo dell'Isola di Capraia.

### **2.3.2 Tipologia ed estensione di impianti di acquacoltura**

- Isola di Gorgona: intensivo, di modeste dimensioni, dotato di gabbie sommerse. Ingrassato di spigole e orate.
- Isola di Capraia: intensivo, di medie dimensioni (1500 m<sup>3</sup>), costituito da gabbia galleggiante. Ingrassato di spigole e orate.
- Porto Ercole: intensivo, di grandi dimensioni, dotato di gabbie immergibili. Ingrassato di spigole, orate e ombrine.



### 3 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

#### 3.1 MONITORAGGIO ACQUA

Tabella 6 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

Codice	Descrizione	Coordinate (ED1950)							Prof.	Dist.	Caratteristiche ambientali	
		Lat.				Long.						
FM05	Fiume Morto	43°	44'	07"	N	010°	16'	16"	E	0005,00	00500	Costa bassa, sabbiosa, modesto gradiente batimetrico
FM10		43°	44'	07"	N	010°	15'	55"	E	0008,00	01000	
FM30		43°	44'	07"	N	010°	14'	26"	E	0013,00	03000	
AT01	Antignano	43°	29'	09"	N	010°	19'	46"	E	0007,00	00100	Scogliera e ciottoli, notevole gradiente batimetrico
AT10		43°	28'	57"	N	010°	19'	04"	E	0039,00	01000	
AT22		43°	28'	38"	N	010°	18'	22"	E	0046,00	02200	
CS05	Marina di Castagneto	43°	11'	21"	N	010°	31'	51"	E	0005,00	00500	Costa bassa, sabbiosa, discreto gradiente batimetrico
CS10		43°	11'	19"	N	010°	31'	28"	E	0008,00	01000	
CS30		43°	11'	14"	N	010°	30'	00"	E	0020,00	03000	
CR05	Carbonifera	42°	56'	44"	N	010°	40'	53"	E	0005,00	00500	Costa bassa, sabbiosa, discreto gradiente batimetrico
CR10		42°	56'	29"	N	010°	40'	46"	E	0010,00	01000	
CR30		42°	55'	27"	N	010°	40'	20"	E	0020,00	03000	
FO05	Foce Ombrone	42°	39'	17"	N	011°	00'	12"	E	0004,00	00500	Costa bassa, sabbiosa, discreto gradiente batimetrico
FO10		42°	39'	19"	N	010°	59'	43"	E	0005,00	01000	
FO30		42°	38'	31"	N	010°	58'	22"	E	0024,00	03000	
EB01	Elba nord (rif.)	42°	49'	22"	N	010°	18'	41"	E	0005,00	00100	Costa alta, notevole gradiente batimetrico
EB10		42°	49'	51"	N	010°	18'	38"	E	0028,00	01000	
EB20		42°	50'	23"	N	010°	18'	37"	E	0049,00	02000	

Tabella 7 - Campagne di campionamento del periodo in esame

Codice	Periodo	Anno	Codice	Periodo	Anno
<b>06A</b>	4-5 giugno	2003	<b>03B</b>	16- 17 marzo	2004
<b>06B</b>	17-19 giugno	2003	<b>04A</b>	1- 2 aprile	2004
<b>07A</b>	1-7 luglio	2003	<b>04B</b>	13- 22 aprile	2004
<b>07B</b>	15-17 luglio	2003	<b>05A</b>	3- 11 maggio	2004
<b>08A</b>	4-8 agosto	2003	<b>05B</b>	19- 26 maggio	2004
<b>08B</b>	18-20 agosto	2003	<b>06A</b>	04- 08 giugno	2004
<b>09A</b>	3-4 settembre	2003	<b>06B</b>	16- 23 giugno	2004
<b>09B</b>	15-17 settembre	2003	<b>07A</b>	05- 06 luglio	2004
<b>10A</b>	1-10 ottobre	2003	<b>07B</b>	20- 22 luglio	2004
<b>10B</b>	27-28 ottobre	2003	<b>08A</b>	02- 04 agosto	2004
<b>11A</b>	3-4 novembre	2003	<b>08B</b>	16- 24 agosto	2004
<b>11B</b>	18-19 novembre	2003	<b>09A</b>	01- 02 settembre	2004
<b>12A</b>	5-10 dicembre	2003	<b>09B</b>	20- 21 settembre	2004
<b>12B</b>	17- 18 dicembre	2003	<b>10A</b>	04- 06 ottobre	2004
<b>01A</b>	7- 8 gennaio	2004	<b>10B</b>	19 ottobre - 2 novembre	2004
<b>01B</b>	21- 23 gennaio	2004	<b>11A</b>	09- 16 novembre	2004
<b>02A</b>	2- 3 febbraio	2004	<b>11B</b>	24- 25 novembre	2004
<b>02B</b>	16- 17 febbraio	2004	<b>12A</b>	06- 07 dicembre	2004
<b>03A</b>	2- 3 marzo	2004	<b>12B</b>	22- 29 dicembre	2004

### 3.1.1 Parametri chimico - fisici

Nell'analisi dei risultati ottenuti sulla colonna d'acqua, al di là delle considerazioni sulle concentrazioni di nutrienti che sono state riscontrate, è stata rilevata l'importanza che rivestono gli aspetti di tipo fisico che caratterizzano gli ambienti marini costieri in termini di idrodinamismo. Si è ritenuto quindi essenziale considerare l'importanza che riveste, in termini di qualità delle acque marine costiere, la presenza sotto costa di acqua con le caratteristiche di "acqua del largo" (a esempio usando come indicatore il profilo di temperatura). Tali problematiche devono essere affrontate anche in relazione all'influenza dei venti (spesso condizionata dall'orografia della costa) e alla morfologia del fondo del bacino, nonché alla sua profondità, che è direttamente proporzionale alla massa dell'ambiente ricettore in cui si diluisce l'apporto inquinante.

### 3.1.2 Nutrienti

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata mediante l'analisi del DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen). Costituito dall'azoto ammoniacale, nitroso e nitrico è uno dei parametri che riveste un ruolo importante ai fini della classificazione trofica delle acque. È infatti utilizzato insieme all'Ossigeno disciolto, alla Clorofilla *a* e al fosforo totale nel calcolo dell'indice Trix per stabilire, ai sensi del D. Lgs. 152/99, la qualità delle acque.

Obiettivo di tale elaborazione è quello di valutare l'impatto dei carichi di nutrienti azotati nelle acque marino-costiere e di esaminarne l'andamento spazio temporale. Nei calcoli si fa riferimento al valore assunto dalle medie geometriche del DIN, visto che i dati in nostro possesso hanno una distribuzione log-normale. Per questo scopo sono stati esaminati più di 1500 campionamenti effettuati in superficie (-50 cm) in 6 transetti dal 2001 al 2004 con frequenza bimensile. I prelievi hanno interessato la zona vicino a terra, quella intermedia e quella del largo che nella maggior parte dei casi sono localizzate a 500, 1000 e 3000 metri dalla costa, rispettivamente.

#### Osservazioni generali

Il contributo dovuto all'ortofosfato, oltre ad essere vicino ai limiti di determinazione del metodo analitico è estremamente variabile con tendenza a stabilizzarsi nelle stazioni più lontane dalla costa. Le variazioni stagionali, sia per l'ortofosfato che per il fosforo totale, sono meno marcate di quelle dell'azoto inorganico soprattutto a causa delle bassissime concentrazioni che si raggiungono. Le concentrazioni non hanno subito variazioni rilevanti rispetto allo scorso monitoraggio: i valori di ortofosfato oscillano tra il limite di determinazione analitica (0,1  $\mu\text{moli/L}$ ) e 0,5  $\mu\text{moli/L}$  in tutti i casi tranne che nel transetto di Fiume Morto, dove, per la stazione a terra si registrano picchi superiori a 1  $\mu\text{mole/L}$  limitatamente ai mesi di dicembre, febbraio e marzo. Per il fosforo totale possiamo confermare quanto avevamo già detto per lo scorso monitoraggio: i valori sono praticamente sovrapponibili a quelli riscontrati durante il monitoraggio 2003/2004 e, rispetto alle annualità precedenti, in diminuzione.

L'andamento del DIN totale (comprensivo dei dati riscontrati nelle stazioni a terra, intermedie e del largo) tra giugno 2003 e dicembre 2004 è mostrato in Figura 4.



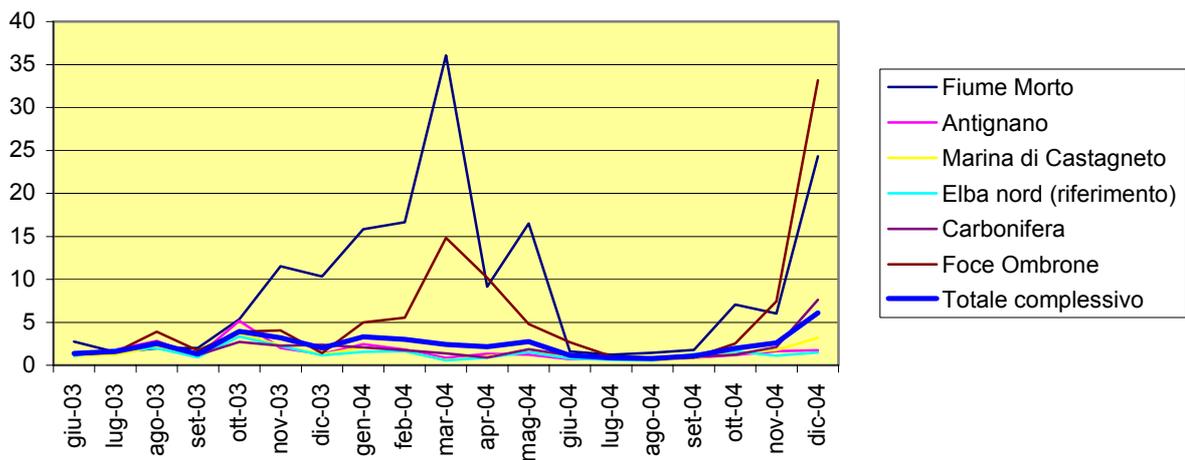


Figura 4 - andamento delle medie geometriche del DIN (complessivo per stazioni a terra, intermedie e al largo) nel periodo giugno 2003- dicembre 2004.

Il valore del DIN mostra valori massimi in inverno e primavera e minimi in estate con lenta crescita nel tardo autunno. Le concentrazioni si collocano al di sotto delle 5  $\mu\text{mol/L}$  per tutte le stazioni tranne che per Fiume Morto e Foce Ombrone dove le concentrazioni arrivano a superare rispettivamente le 30  $\mu\text{mol/L}$  e le 15  $\mu\text{mol/L}$  rispettivamente nel mese di marzo 2004 e le 24  $\mu\text{mol/L}$  e le 30  $\mu\text{mol/L}$  rispettivamente nel mese di dicembre 2004. Si tratta senza dubbio di fenomeni episodici causati dalle abbondanti piogge e dal conseguente riversamento a mare di un imponente carico trofico veicolato dai due bacini idrografici più importanti della Toscana: Arno (che fa risentire la propria influenza anche al distretto di Fiume Morto), Ombrone grossetano.

È comunque confermato quanto riscontrato nel corso di questi anni di monitoraggio: le zone di criticità sono rappresentate da Fiume Morto e Foce Ombrone, mentre il transetto di riferimento, Elba nord, registra i valori più bassi delle altre serie messe in grafico di poco distanziato dal transetto di Marina di Castagneto. Nella Figura 5, nella Figura 6 e nella Figura 7 sono riportati gli andamenti del DIN per le stazioni a terra, intermedie e del largo durante il periodo di monitoraggio giugno 2003- dicembre 2004 solo per i transetti Fiume Morto e Foce Ombrone. Nella Figura 8, nella Figura 9 e nella Figura 10 sono invece riportati gli andamenti del DIN per le stazioni a terra, intermedie e del largo durante il periodo di monitoraggio giugno 2003- dicembre 2004 per i transetti Antignano, Marina di Castagneto, Elba Nord e Carbonifera.

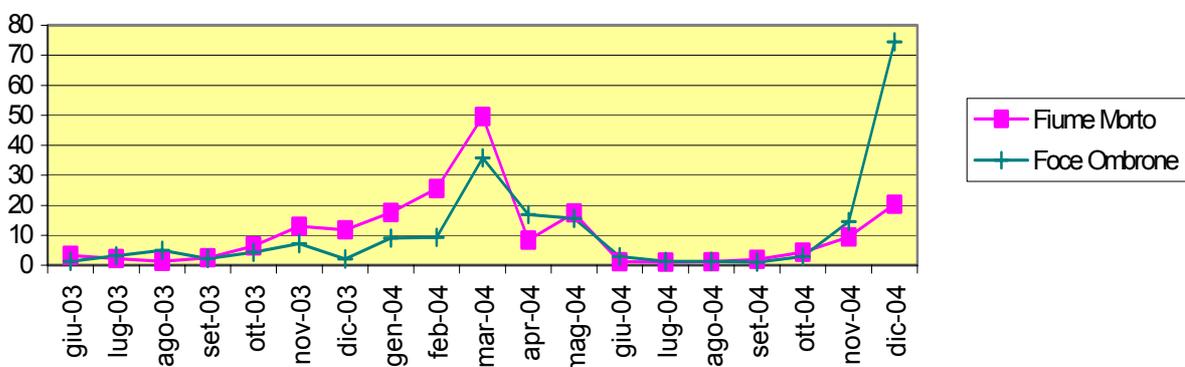


Figura 5 - medie geom. DIN stazioni a terra (transetti Fiume Morto e Foce Ombrone)

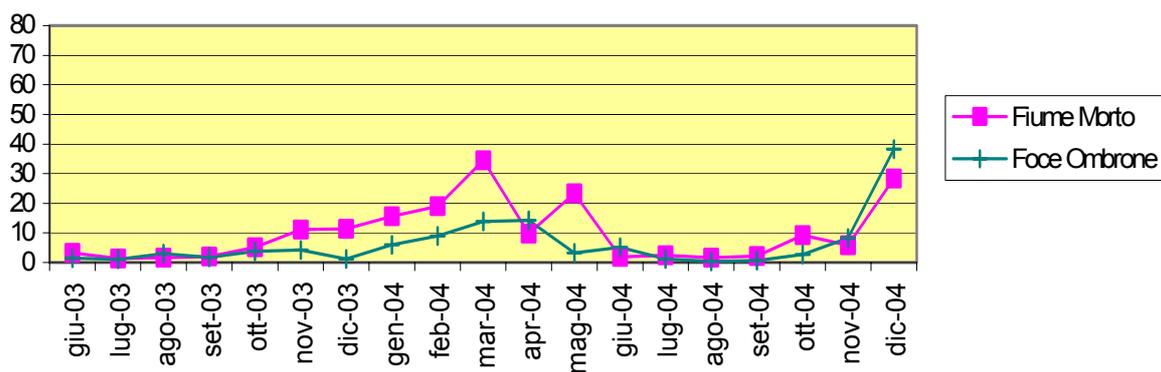


Figura 6 - medie geom. DIN stazioni intermedie (trasetti Fiume Morto e Foce Ombrone)

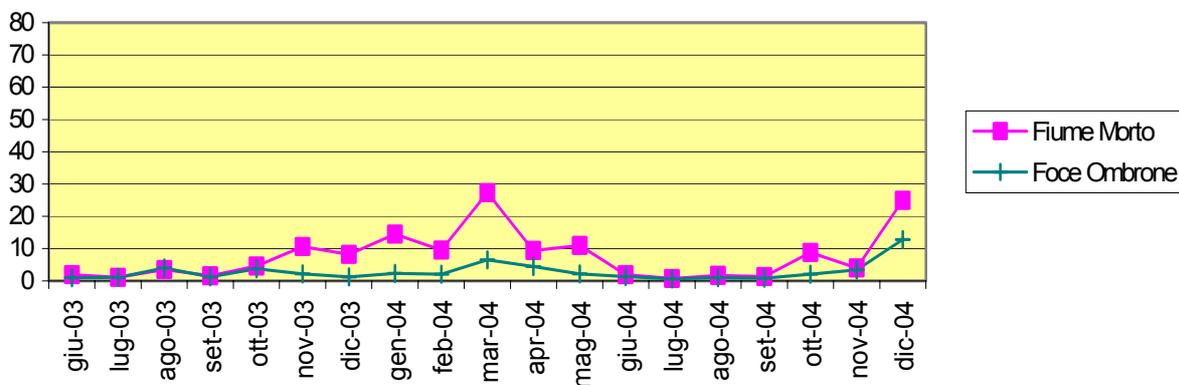


Figura 7 - medie geom. DIN stazioni al largo (trasetti Fiume Morto e Foce Ombrone)

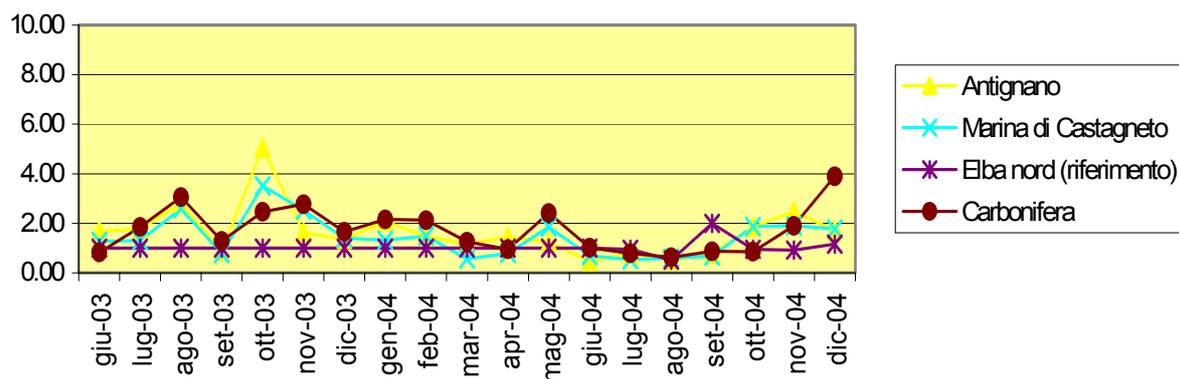


Figura 8 - medie geom. DIN stazioni a terra (trasetti Antignano, Marina di Castagneto, Elba Nord e Carbonifera)



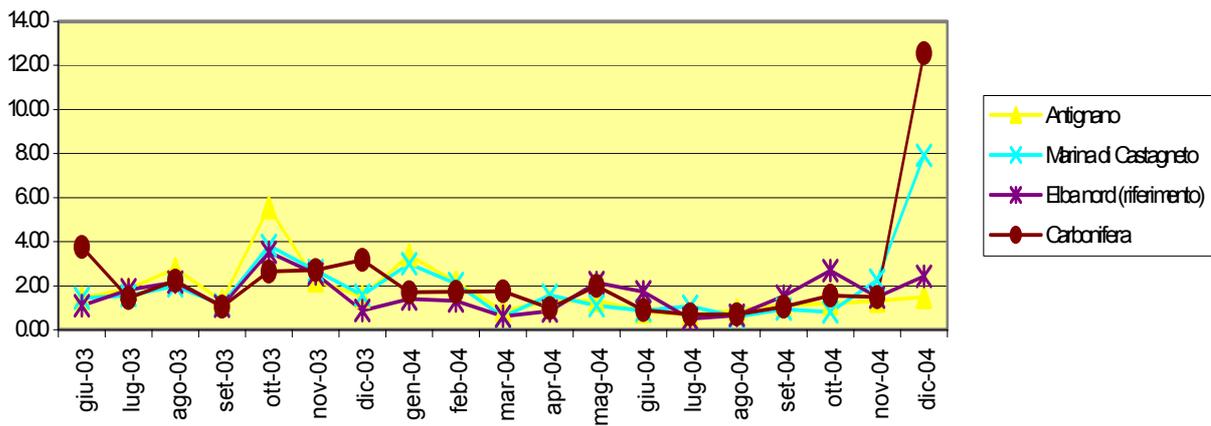


Figura 9 - medie geom. DIN stazioni intermedie (trasetti Antignano, Marina di Castagneto, Elba Nord e Carbonifera)

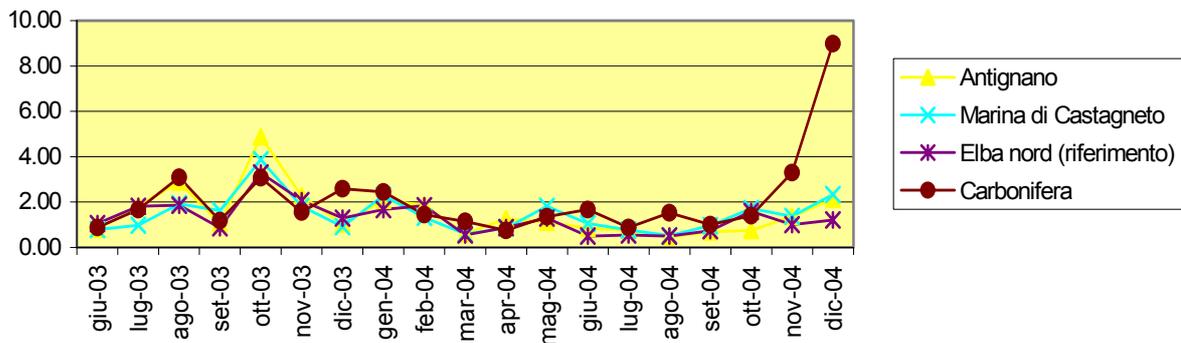


Figura 10 - medie geom. DIN stazioni al largo (trasetti Antignano, Marina di Castagneto, Elba Nord e Carbonifera)

Limitatamente ai transetti più eutrofizzati Fiume Morto e Foce Ombrone (Figura 5, Figura 6 e Figura 7), l'andamento è simile per le stazioni a terra e per quelle intermedie. Le stazioni del largo mostrano ancora i segni delle criticità evidenziate nei mesi di marzo 2004 e dicembre 2004 ma, ad esclusione di questi, la situazione presenta maggiore variabilità specie nell'autunno del 2003. Sia per le stazioni prospicienti la costa che per quelle situate a metà del transetto, il DIN è costante da giugno 2003 a ottobre 2003, segue un progressivo innalzamento che raggiunge il massimo in marzo 2004. La diminuzione prevedibile in primavera ed in estate è interrotta dal picco riscontrato a maggio 2004. Ciò che appare evidente, inoltre è la scala delle concentrazioni che procedendo da terra al largo registra valori via via più bassi. Riferendosi alla Figura 8, alla Figura 9 ed alla Figura 10 la situazione mostra una maggiore complessità sebbene sia ancora rispettata la somiglianza tra l'andamento del DIN a terra e quello nelle stazioni intermedie. Elba nord è il transetto con le più basse concentrazioni seguita da Marina di Castagneto. L'assenza di ingenti apporti fluviali giustifica la mancanza di grandi carichi trofici durante i periodi autunnali ed invernali.

### 3.2 MONITORAGGIO PLANCTON

Tabella 8 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

Codice	Descrizione	Coordinate (ED1950)								Prof.	Dist.	Caratteristiche ambientali
		Lat.				Long.						
FM05	Fiume Morto	43°	44'	07"	N	010°	16'	16"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
AT01	Antignano	43°	29'	09"	N	010°	19'	46"	E	0007,00	00100	Tab. precedente
CS05	Marina di Castagneto	43°	11'	21"	N	010°	31'	51"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
CR05	Carbonifera	42°	56'	44"	N	010°	40'	53"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
FO05	Foce Ombrone	42°	39'	17"	N	011°	00'	12"	E	0004,00	00500	Tab. precedente
EB01	Elba nord (rif.)	42°	49'	22"	N	010°	18'	41"	E	0005,00	00100	Tab. precedente

Tabella 9 - Campagne di campionamento del periodo in esame:

Codice	Periodo	Anno	Codice	Periodo	Anno
<b>06A</b>	4-5 giugno	2003	<b>03B</b>	16- 17 marzo	2004
<b>06B</b>	17-19 giugno	2003	<b>04A</b>	1- 2 aprile	2004
<b>07A</b>	1-7 luglio	2003	<b>04B</b>	13- 22 aprile	2004
<b>07B</b>	15-17 luglio	2003	<b>05A</b>	3- 11 maggio	2004
<b>08A</b>	4-8 agosto	2003	<b>05B</b>	19- 26 maggio	2004
<b>08B</b>	18-20 agosto	2003	<b>06A</b>	04- 08 giugno	2004
<b>09A</b>	3-4 settembre	2003	<b>06B</b>	16- 23 giugno	2004
<b>09B</b>	15-17 settembre	2003	<b>07A</b>	05- 06 luglio	2004
<b>10A</b>	1-10 ottobre	2003	<b>07B</b>	20- 22 luglio	2004
<b>10B</b>	27-28 ottobre	2003	<b>08A</b>	02- 04 agosto	2004
<b>11A</b>	3-4 novembre	2003	<b>08B</b>	16- 24 agosto	2004
<b>11B</b>	18-19 novembre	2003	<b>09A</b>	01- 02 settembre	2004
<b>12A</b>	5-10 dicembre	2003	<b>09B</b>	20- 21 settembre	2004
<b>12B</b>	17- 18 dicembre	2003	<b>10A</b>	04- 06 ottobre	2004
<b>01A</b>	7- 8 gennaio	2004	<b>10B</b>	19 ottobre - 2 novembre	2004
<b>01B</b>	21- 23 gennaio	2004	<b>11A</b>	09- 16 novembre	2004
<b>02A</b>	2- 3 febbraio	2004	<b>11B</b>	24- 25 novembre	2004
<b>02B</b>	16- 17 febbraio	2004	<b>12A</b>	06- 07 dicembre	2004
<b>03A</b>	2- 3 marzo	2004	<b>12B</b>	22- 29 dicembre	2004

#### 3.2.1 Fitoplancton

Rispetto allo scorso anno di monitoraggio occorre registrare una netta diminuzione della densità del fitoplancton nelle stazioni di Elba nord e di Marina di Castagneto, dovuta essenzialmente ad una forte riduzione di tutti e tre i raggruppamenti che compongono il fitoplancton. Al contrario si registra un forte aumento della densità fitoplanctonica ad Antignano e Foce Ombrone: in quest'ultimo caso l'aumento interessa tutti e tre i raggruppamenti soprattutto l'altro fitoplancton, con presenza abbondante in quasi tutti i campioni di plancton tipicamente di acqua dolce. Rimane pressoché invariata la situazione nella stazione di Carbonifera. L'indice trofico indica uno stato di qualità delle acque buono –elevato in tutte le stazioni monitorate.



### 3.2.2 Mesozooplankton

Per quanto riguarda il periodo di campionamento che va da giugno 2003 a dicembre 2004, non sono state riscontrate differenze significative relativamente agli andamenti registrati negli anni precedenti dei tre gruppi Copepodi, Cladoceri e Altro Zooplankton. Per il quarto anno consecutivo, nel periodo considerato, il valore medio dei Copepodi ha presentato un aumento nel periodo febbraio-maggio, con un unico picco sopra i 3000 ind./m<sup>3</sup> nella prima metà di giugno 2004, peraltro non registrato negli anni precedenti, mentre nei restanti mesi il valore medio oscilla intorno ai 1000 ind./m<sup>3</sup> (Figura 11).

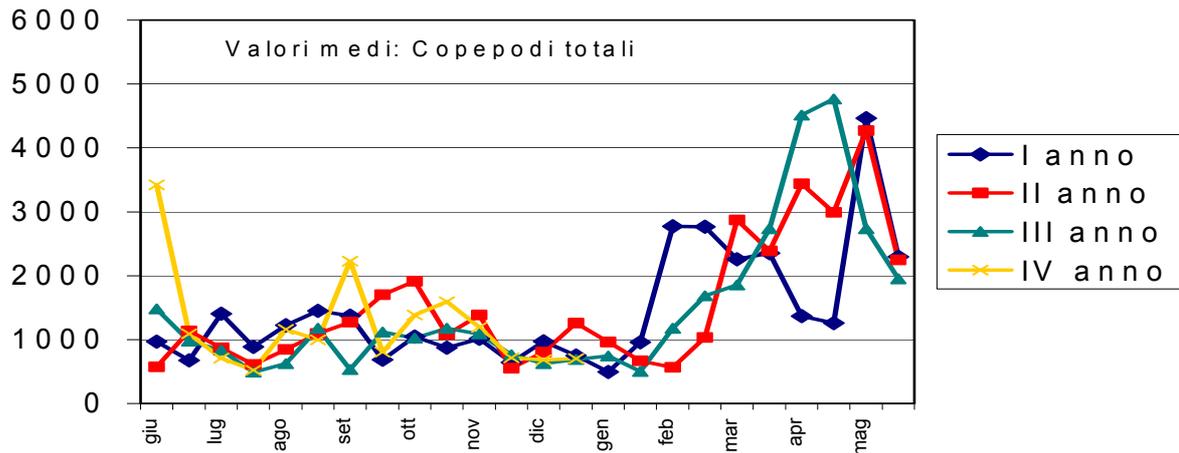


Figura 11 - Andamento medio dell'abbondanza dei Copepodi nei tre anni (ind./m<sup>3</sup>)

Per quello che riguarda i Cladoceri, in base ai rilevamenti degli anni precedenti, ci si poteva aspettare un picco di abbondanza nei mesi estivi, e così è stato, con un valore medio che ha sfiorato i 4000 ind./m<sup>3</sup> nella prima quindicina del mese di agosto 2004: la particolarità è che questo valore è quasi doppio rispetto a quello degli anni precedenti. Nel 2003 invece il picco di abbondanza si è verificato nella seconda quindicina di agosto, ma con un valore medio più modesto, di poco superiore ai 1000 ind./m<sup>3</sup>. L'abbondanza dei Cladoceri diminuisce poi gradualmente fino ad essere prossima a zero nei mesi di novembre e dicembre (Figura 12).

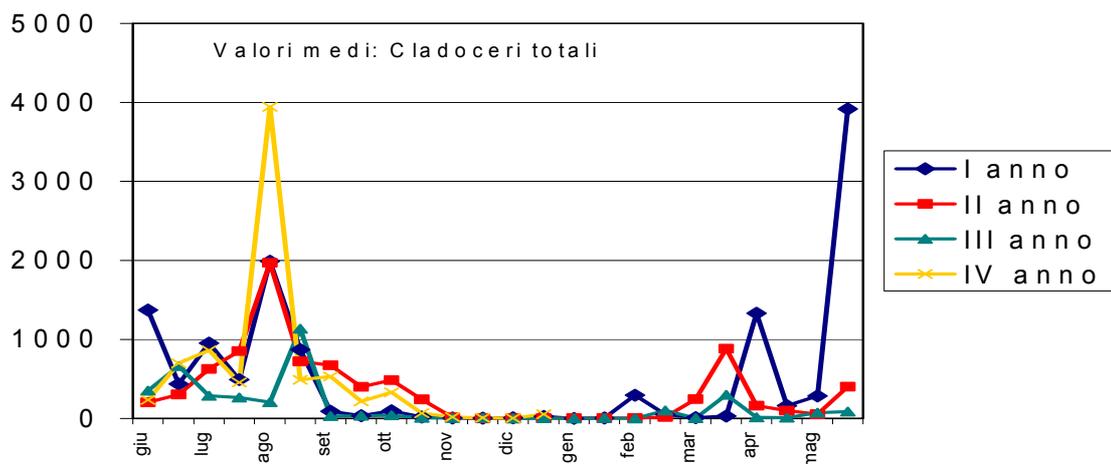


Figura 12 - Andamento medio dell'abbondanza dei Cladoceri nei tre anni (ind./m<sup>3</sup>)

I valori medi dell'Altro zooplancton confermano la grande variabilità di questo parametro: l'andamento infatti è piuttosto "altalenante", e non permette di individuare con precisione un trend annuale. Probabilmente ciò è dovuto alla grande eterogeneità degli organismi che ricadono in questa categoria tassonomica (praticamente tutti i *phyla* di Invertebrati marini, o come stadi adulti o come stadi larvali) e dal sovrapporsi delle variabilità delle abbondanze specie specifiche, governate dagli andamenti dei singoli cicli vitali. Per una maggiore comprensione, sarebbe necessario l'approfondimento tassonomico dei vari *phyla*, considerati singolarmente nelle varie stazioni di campionamento (Figura 13).

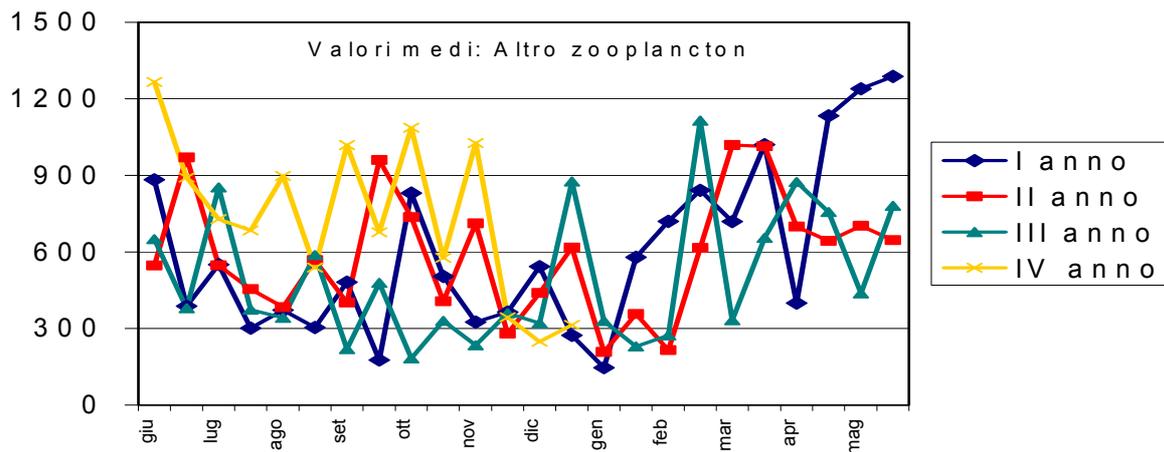


Figura 13 - Andamento medio dell'abbondanza dell'Altro Zooplancton nei tre anni (ind./m<sup>3</sup>)

### 3.3 MONITORAGGIO SEDIMENTO

Tabella 10 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

Codice	Descrizione	Coordinate (ED 1950)		Prof.	Dist.	Caratteristiche ambientali
		Lat.	Long.			
FM05	Fiume Morto	43° 44' 10" N	010° 14' 27" E	0013,00	03000	Tab. precedente
AT01	Antignano	43° 26' 55" N	010° 20' 13" E	0050,00	02000	Tab. precedente
CS05	Marina di Castagneto	43° 16' 54" N	010° 27' 06" E	0018,00	03900	Tab. precedente
CR05	Carbonifera	42° 49' 51" N	010° 38' 51" E	0048,00	07500	Tab. precedente
FO05	Foce Ombrone	42° 44' 28" N	010° 51' 15" E	0042,00	03300	Tab. precedente
EB01	Elba nord (rif.)	42° 52' 01" N	010° 17' 08" E	0104,00	04300	Tab. precedente

Campagne di campionamento del periodo in esame:

**002S** (II semestre 2003) eseguita dal 5 al 6 agosto 2003

**001S** (I semestre 2004) eseguita dal 2 al 3 marzo 2004

**002S** (II semestre 2004) eseguita dal 3 al 4 agosto 2004



### 3.3.1 Osservazioni generali

I campionamenti sono stati eseguiti prelevando porzioni superficiali di sedimento in stazioni individuate, a seconda della geomorfologia del tratto costiero considerato, in corrispondenza della fascia di sedimentazione della frazione pelitica.

Dalle medie delle concentrazioni eseguite sui campioni prelevati nel 2001-2002, 2002-2003 e 2003-2004 si nota che la concentrazione di Mercurio nei sedimenti delle varie aree rimane pressoché invariata: la stazione che mostra il più basso contributo è quella di Marina di Castagneto, quella con i più alti valori è la stazione di Antignano. Tale dato trova conforto in precedenti rilievi effettuati da altri Istituti ed è verosimilmente da mettere in relazione alla perdurante attività di produzione di cloro-alcali presente nella zona, in special modo alla produzione effettuata dal tempo della costruzione degli impianti sino all'emanazione della cosiddetta Legge Merli (celle a catodo di mercurio; inizio attività nel 1940; fino al 1970 senza impianti di trattamento degli scarichi).

E' confermata la distribuzione lungo la costa delle concentrazioni di Piombo e Arsenico: per entrambi Elba nord manifesta la concentrazione più alta, e fatta eccezione per la stazione di Antignano (che si discosta dalle medie delle concentrazioni delle stazioni a nord), si assiste ad una progressiva diminuzione della concentrazione procedendo da sud verso nord. Anche nel corso del monitoraggio 2003-2004 il Piombo ha evidenziato nella stazione di Marina di Castagneto la più bassa concentrazione misurata rispetto alle altre stazioni. Il Cadmio, pur mostrando una maggiore omogeneità nei dati, presenta i valori più alti nella stazione di Antignano.

### 3.4 MONITORAGGIO BIOTA

Tabella 11 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

Codice	Descrizione	Coordinate (ED 1950)		Prof.	Dist.	Caratteristiche ambientali
		Lat.	Long.			
FM05	Fiume Morto	43° 44' 07" N	010° 16' 43" E	0000,30	00000	Tab. precedente
AT01	Antignano	43° 28' 40" N	010° 19' 51" E	0000,20	00000	Tab. precedente
CS05	Marina di Castagneto	43° 18' 12" N	010° 29' 14" E	0000,50	00000	Tab. precedente
CR05	Carbonifera	42° 56' 54" N	010° 41' 12" E	000,50	00010	Tab. precedente
FO05	Foce Ombrone	42° 39' 00" N	011° 01' 42" E	0000,50	00003	Tab. precedente
EB01	Elba nord (rif.)	42° 49' 36" N	010° 19' 10" E	0002,00	00500	Tab. precedente

Campagne di campionamento del periodo in esame:

**002Z** (II semestre 2003) eseguita dal 3 al 18 settembre 2003

**001Z** (I semestre 2004) eseguita dall'8 al 17 marzo 2004

**002Z** (II semestre 2004) eseguita dal 15 al 27 settembre 2004

### 3.4.1 Osservazioni generali

Le misure di bioaccumulo sono state effettuate in *Mytilus galloprovincialis*. Nella stazione di Elba Nord il campionamento è stato effettuato da impianto artificiale opportunamente allestito, nelle altre da banchi e giacimenti naturali.

Sono state eseguite le medie dei valori di alcuni metalli riscontrati durante i campionamenti eseguiti nel corso del primo monitoraggio (mesi di agosto 2001 e marzo 2002), del secondo monitoraggio (mesi di agosto 2002 e marzo 2003), e confrontate con le medie ottenute durante il terzo monitoraggio (mesi di agosto 2003 e marzo 2004).

Così come era stato anche per i precedenti monitoraggi, la concentrazione di Mercurio più elevata si registra nella stazione di Marina di Castagneto, mentre la più bassa si trova in corrispondenza della stazione di riferimento, Elba Nord. Per il Piombo si è registrato un incremento nella concentrazione procedendo dal primo anno di monitoraggio al terzo, eccezion fatta per la stazione di Elba nord. I valori di Cadmio si aggirano intorno a 0.5 mg/Kg s.s. mentre i valori del Piombo, per l'anno 2003-2004, si aggirano su 5.0 mg/Kg s.s.

Dall'esame delle medie delle concentrazioni annuali del tributilstagno (espresso come Sn in µg/Kg p.f.) è evidente che Marina di Castagneto continua ad essere la stazione col più alto contributo di questa sostanza, con concentrazioni intorno a 100 µg/Kg p.f. Sn.

## 3.5 MONITORAGGIO BENTHOS

Tabella 12 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

Codice	Descrizione	Coordinate(ED1950)								Prof.	Dist.	Caratteristiche ambientali
		Lat.				Long.						
FM05	Fiume Morto - SFBC	43°	44'	07"	N	010°	16'	16"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
AT10	Antignano - Posidonia	43°	29'	48"	N	010°	18'	57"	E	0022,00	01000	Tab. precedente
CS05	Marina di Castagneto - SFBC	43°	11'	21"	N	010°	31'	51"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
CR10	Carbonifera - Posidonia	42°	49'	32"	N	010°	45'	30"	E	0022,00	01000	Tab. precedente
FO05	Foce Ombrone - SFBC	42°	39'	17"	N	011°	00'	12"	E	0005,00	00500	Tab. precedente
EB02	Elba nord (rif.) - Posidonia	42°	49'	14"	N	010°	19'	55"	E	0022,00	00200	Tab. precedente

Campagne di campionamento del periodo in esame:

**000X** eseguita dal 21 gennaio 2004 al 18 marzo 2004

### 3.5.1 Posidonia oceanica

Il monitoraggio sulla matrice benthos, indicato dal volume "Metodologie analitiche di riferimento" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, è stato effettuato su tre praterie situate lungo la costa toscana: Antignano, Elba nord e Carbonifera. Il monitoraggio triennale, iniziato nel 2002 e terminato nel marzo 2004 ha avuto frequenza annuale e sui siti prescelti sono state effettuate tutte le operazioni in linea con il volume tra cui le analisi di densità e ricoprimento, fenologia, lepidocronologia e la messa in opera di "balisage" con l'elaborazione dei dati ricavati.

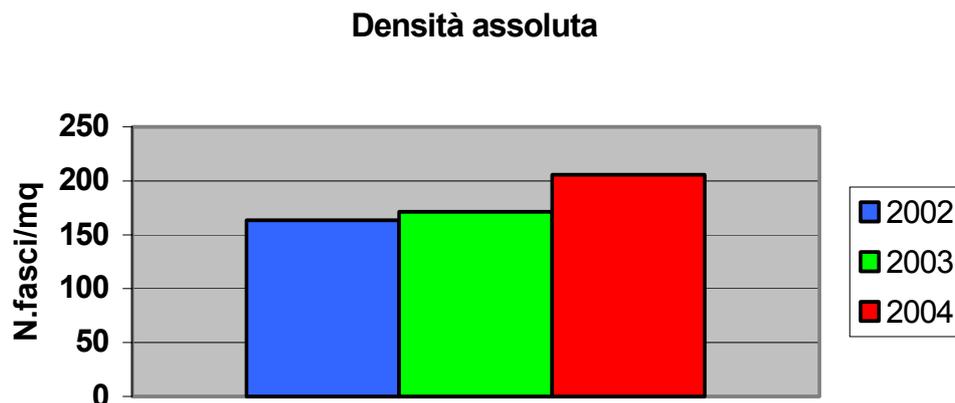


Allo scopo di monitorare la dinamica del limite inferiore della prateria, zona considerata insieme al limite superiore come più facilmente suscettibile ai cambiamenti ambientali, viene seguito il protocollo adottato dal Réseau de Surveillance Posidonies en Région Provence-Alpes-Cote d'Azur (Bertrand et al., 1986). La messa in mare di 10 corpi morti posizionati ad una distanza precisa dal limite della prateria, permette nel corso degli anni successivi, di misurarne la differenza, in centimetri, rispetto alla posizione iniziale: un aumento della distanza dei corpi morti dal limite si traduce in una regressione del limite. Ovviamente c'è da tenere presente anche l'eventualità di una possibile causa meccanica, ad esempio un ancoraggio, che ha estirpato completamente i rizomi nella zona del corpo morto in esame. In considerazione del grosso lavoro subacqueo che richiede questa operazione, il limite che si può investigare è breve, circa 50-60 metri. Al termine dei tre anni previsti del monitoraggio sulle praterie di Posidonia oceanica si può delineare una situazione per ogni sito di studio.

### **Antignano (AT10)**

L'area della prateria ispezionata non presenta variazioni per quanto riguarda nuovi insediamenti urbani sulla costa e caratteristiche della colonna d'acqua; si conferma la presenza sul litorale di banquette. Il limite della prateria, situato a circa 20 metri, è di tipo 3 cioè erosivo (Meinesz & Laurent, 1978), quindi limite che può essere condizionato da correnti di fondo e non dall'incidenza della luce. A riprova di ciò si registrano nel sito, costantemente lungo la colonna d'acqua, elevati valori di trasparenza calcolata con il metodo del Disco Secchi. Dall'analisi del principale descrittore in uso nella metodologia di studio, la prateria in esame, nei tre anni di monitoraggio, presenta un aumento, seppur minimo, dei valori di densità; questo valore rientra nella classe 4, cioè prateria molto rada, secondo la scala di densità di Giraud (1977) mentre secondo Pergent et al. (1995), dove la densità della prateria è in funzione della profondità, la prateria è considerata una prateria densa.

Nello studio fenologico della prateria, in grado di descrivere la vitalità delle piante, si ritrova un numero medio di foglie per ciuffo che aumenta costantemente a partire dal 2002 con 5,1 foglie per ciuffo a 5,5 nel 2003 fino ad arrivare a 5,9 nel 2004.



*Figura 14 - Densità assoluta - Antignano*

Per quanto riguarda la produzione della prateria, valutata in maniera indiretta, determinando l'età dei rizomi attraverso il procedimento della lepidocronologia, essa ha evidenziato un andamento pressochè costante durante i tre anni di monitoraggio per un valore di circa 1000 mg/fascio per anno.

Per lo studio della dinamica del limite inferiore della prateria sono state misurate le distanze dal limite della prateria ai corpi morti i quali erano stati precedentemente posizionati sul fondo ad una distanza di 20 cm dal limite stesso. Le misure delle distanza non evidenziano nessun tipo di andamento a parte due valori estremamente elevati sia come avanzamento della prateria, circa 20 cm, sia con arretramento, circa 60 cm. che evidentemente non possono rappresentare un andamento generale del limite.

### Distanza dai corpi morti

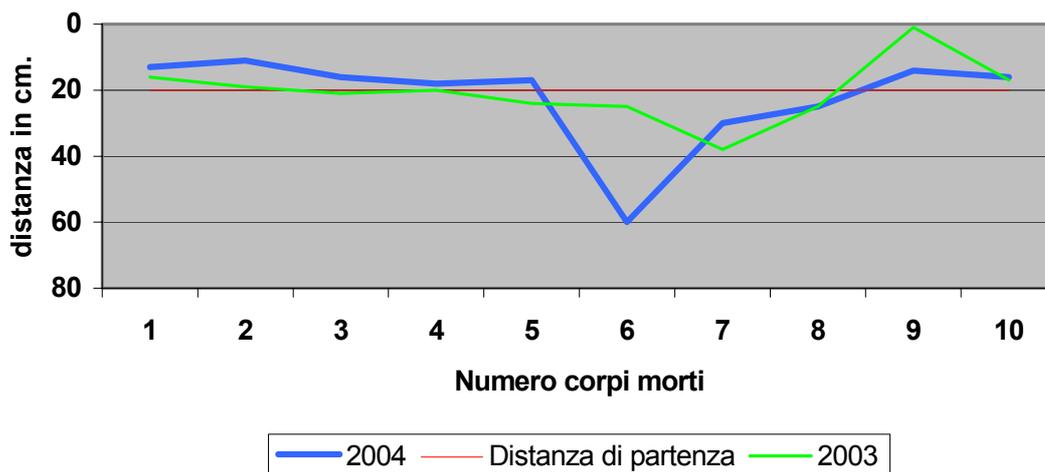


Figura 15 - Distanza dai corpi morti - Antignano

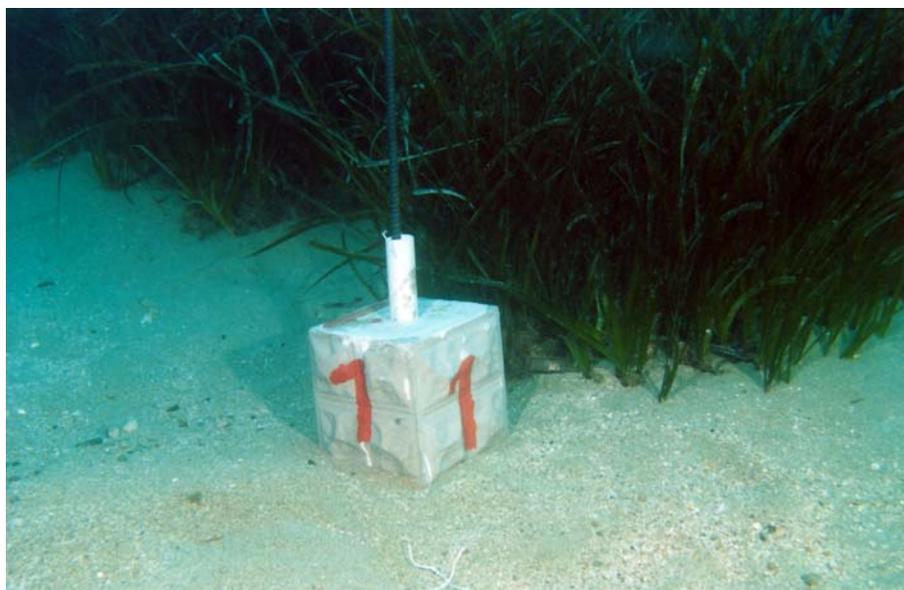


Figura 16 - Esempio di posizionamento del corpo morto n.1 sul limite della prateria – Antignano

### Elba Nord (EB02)

La prateria ispezionata presenta il limite inferiore ad una profondità di circa 22 metri. Al termine del triennio di monitoraggio e numerose immersioni sul sito di studio, si è arrivati alla



conclusione che il limite considerato è del tipo 4 cioè erosivo (Meinesz & Laurent, 1978); la caratteristica di questo tipo di limite è la presenza di rizomi traccianti senza foglie e quindi morti, che si estendono oltre il fronte della prateria.

Dall'analisi della densità assoluta dei fasci fogliari, la prateria in esame presenta un aumento effettivamente troppo elevato: 95 fasci/m<sup>2</sup> del 2002, 208,75 fasci/m<sup>2</sup> del 2003 e 232,5 fasci/m<sup>2</sup> del 2004. Questo può far pensare ad una erronea misurazione di densità del primo anno. Con questo dato di densità, la prateria potrebbe essere inserita nella classe 4 (prateria molto rada) secondo Giraud (1977), mentre secondo la scala proposta da Pergent et al. (1995), dove la densità della prateria è in funzione della profondità, risulta essere una prateria normale. Lo studio fenologico della prateria, in grado di descrivere la vitalità delle piante, mostra un numero medio di foglie per ciuffo nell'ultimo anno.

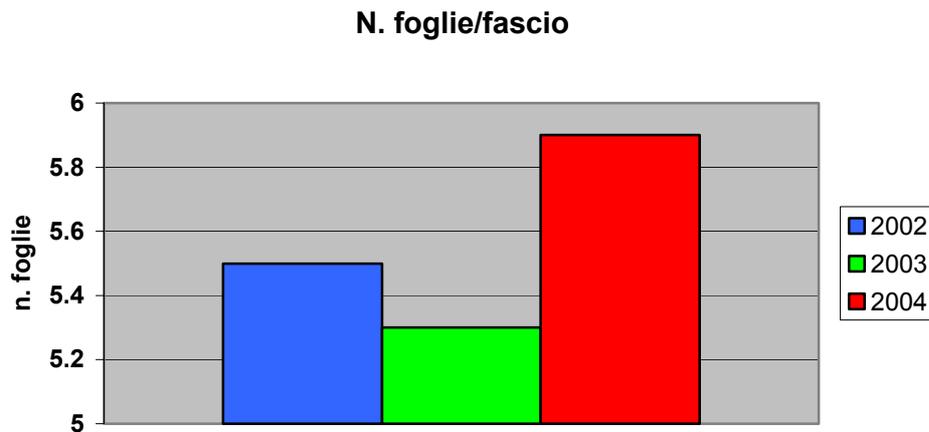


Figura 17 - Numero di foglie per fascio – Elba Nord

La produzione della prateria, valutata in maniera indiretta, determinando l'età dei rizomi, ha mostrato una produzione primaria fogliare per fascio stabile intorno a 800 mg/fascio al mq.

L'area presa in esame forse non rappresenta in modo adeguato la situazione reale delle prateria a *Posidonia oceanica* all'Isola d'Elba. La scelta di studiare questo limite, per altro abbastanza articolato tanto da creare problemi nelle misurazioni delle distanza del limite dai corpi morti, è scaturita per seguire le direttive del Ministero dell'Ambiente le quali richiedono che l'indagine del limite inferiore sia a profondità inferiori di 20 – 22 metri per motivi di sicurezza. Questo ha causato il monitoraggio in una zona in cui, evidentemente, il limite della prateria è particolarmente sofferente anche a causa di un aumento, osservato nel corso del triennio, di un popolamento a *Caulerpa racemosa* che va ad insidiare la disponibilità di substrato alla pianta.

### **Carbonifera (CR10)**

La prateria ispezionata, rappresentativa del Golfo di Follonica, presenta il limite inferiore ad una profondità di circa 20 metri. Il limite della prateria è di tipo 1 cioè netto (Meinesz & Laurent, 1978), con un fronte della prateria che termina bruscamente su un fondale a sabbia fine. Questo tipo di limite è apparentemente condizionato dal fattore edafico, cioè dal tipo di sedimento e dalla natura del substrato. La prateria è continua e presenta un ricoprimento intorno al 75%. La densità calcolata per l'anno in corso presenta un valore superiore a quella registrata negli anni scorsi, intorno a 244 fasci/mq, valore che rientra nella classe IV della scala Giraud.

Per quanto riguarda la produzione primaria fogliare per fascio essa presenta un valore quasi triplicato rispetto all'anno precedente e più simile a quello del 2002.

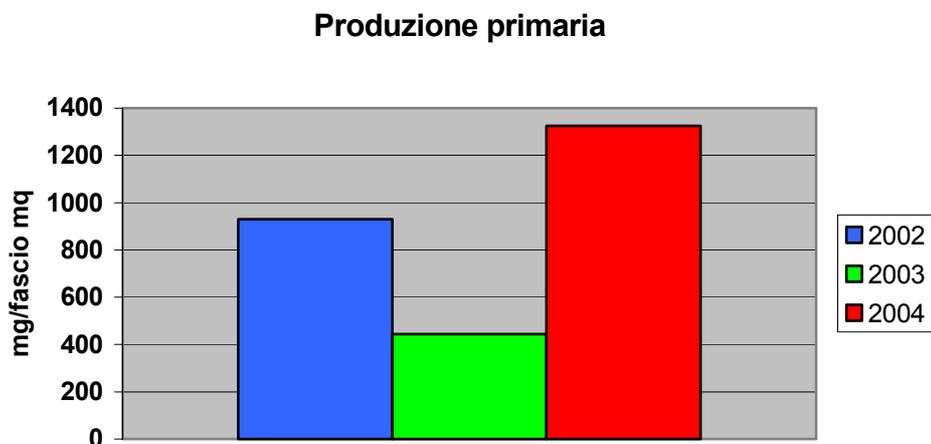


Figura 18 - Produzione primaria - Carbonifera

La rappresentazione delle distanze del limite dai corpi morti presenta valori molto estremi sia di arretramento sia di avanzamento, in ogni caso la tendenza è quella di un costante, seppur lento, avanzamento del limite.

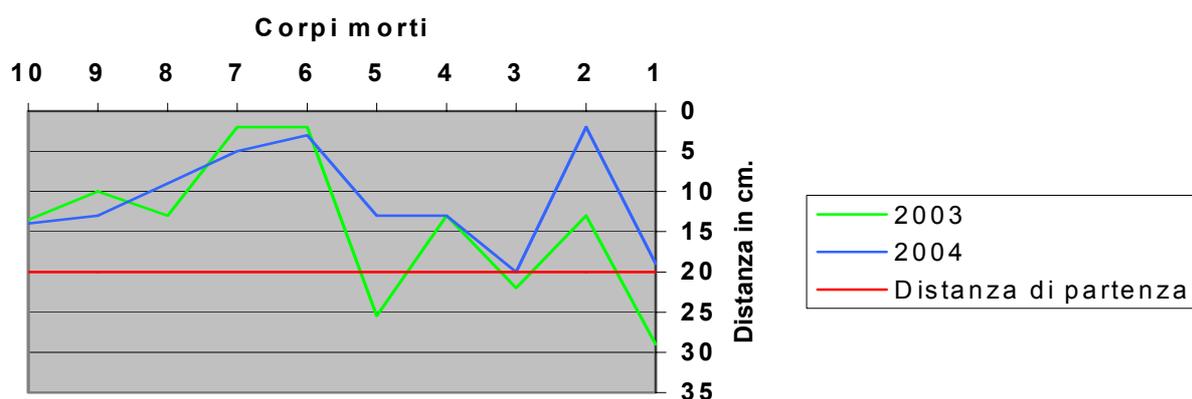


Figura 19 - Distanza dai corpi morti - Carbonifera

### 3.5.2 Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC)

Lo studio delle comunità macrozoobentoniche, nelle 3 stazioni di prelievo, ha permesso di identificare 4714 individui appartenenti a 59 specie diverse. Di seguito vengono riportati i risultati relativi alle singole stazioni di prelievo.

#### Fiume Morto (FM 05)

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 3330 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, crostacei, echinodermi e nemertini per un totale di 30 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 40% del totale, seguono i crostacei (30%), i molluschi (17%), gli echinodermi (10%) ed i nemertini (3%).



L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 1,23, un indice di ricchezza specifica di 3,58, un indice di equiripartizione di 0,25 ed un indice di dominanza di 0,32.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 7 specie caratteristiche pari al 35% delle specie complessivamente rinvenute. Tali specie sono accompagnate da specie tipiche della biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (5%), da elementi misticoli (20%) tipici di fondi eterometrici, da specie limicole (20%), da specie sabulicole (5%), da elementi tipici di substrati molli (5%), da elementi minuticoli (5%) legati sia a sabbia fine che a fango e da specie a larga ripartizione ecologica (5%).

L'analisi dei gruppi trofico-ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (72%); non trascurabile la presenza sia dei carnivori-onnivori (21%) che dei filtratori (7%).

### **Marina di Castagneto (CS 05)**

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 1187 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, echinodermi e crostacei, per un totale di 35 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 52% del totale, seguono i crostacei (31%), i molluschi (11%) e gli echinodermi (6%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 1,84, un indice di ricchezza specifica di 4,80, un indice di equiripartizione di 0,36 ed un indice di dominanza di 0,41.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 9 specie caratteristiche pari al 34% delle specie complessivamente rinvenute. Tali specie sono accompagnate da specie limicole (14%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (4%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali (4%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali (4%), da specie tipiche della biocenosi del Detritico Costiero (4%), da specie tipiche della biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (4%), da specie a larga ripartizione ecologica (8%), da specie misticole (4%) tipiche di fondi eterometrici, da specie sabulicole (8%), da specie indicatrici di presenza di sostanza organica (8%) e da specie minuticole (4%) legate sia a sabbia fine che a fango.

L'analisi dei gruppi trofico ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (66%); non trascurabile la presenza sia dei carnivori-onnivori (17%) che dei filtratori (17%).

### **Foce Ombrone (FO 05)**

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 197 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi e crostacei, per un totale di 20 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 65% del totale, seguono i molluschi (20%) ed i crostacei (15%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,53, un indice di ricchezza specifica di 3,60, un indice di equiripartizione di 0,59 ed un indice di dominanza di 0,66.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 6 specie caratteristiche pari al 37% delle specie caratteristiche complessivamente rinvenute. Tali specie sono accompagnate da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (6%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (13%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali (13%), da specie limicole (13%), da specie a larga ripartizione ecologica (6%), da specie sabulicole (6%) e da specie indicatrici di presenza di sostanza organica (6%).

L'analisi dei gruppi trofico ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (42%); non trascurabile la presenza sia dei filtratori (33%) che dei carnivori-onnivori (25%).

## 4 CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE COSTIERE REGIONALI

### 4.1 MONITORAGGIO ACQUA

#### 4.1.1 Analisi preliminare delle caratteristiche idrologiche delle acque marino costiere dal maggio 1997 ad oggi.

Di seguito è presentata una prima analisi dei dati dal maggio 1997 a giugno 2004, ottenuti nell'ambito delle attività di monitoraggio marino costiero ai fini della Legge 979/82 (Difesa Mare) svolte dall'ARPAT in convenzione con la Regione Toscana. In particolare, si fa riferimento alla prima convenzione iniziata nel maggio 1997 (primo triennio) e alla seconda convenzione dal giugno 2001 al giugno 2004; inoltre, per poter disporre di un quadro più completo, sono stati considerati anche dati raccolti dall'ARPAT nell'ambito di altri programmi di monitoraggio svolti, con analogo protocollo operativo, in convenzioni con la Regione Toscana. Sono stati considerati i parametri che caratterizzano la massa d'acqua dal punto di vista idrologico, rivolgendo particolare attenzione al loro andamento temporale.

L'ARPAT ha iniziato il monitoraggio delle acque marino costiere nel maggio del 1997 nell'ambito della prima convenzione triennale con la Regione Toscana relativa alla Legge 979/82; il piano di monitoraggio svolto nell'ambito di questa convenzione, durata fino al dicembre 2000, prevedeva un totale di 120 stazioni (40 transetti) con frequenza di indagine stagionale e di queste, in 46 (23 transetti) la frequenza era quindicinale da giugno a settembre e mensile per il resto dell'anno. Le stazioni erano disposte lungo una linea perpendicolare alla costa (transetto), a distanza rispettivamente di 500 m dalla riva, 1000 m e 3000 m. Nei casi in cui alla distanza di 3000 m corrispondeva una profondità superiore ai 50 m, la stazione più al largo è stata avvicinata alla costa fino a trovare i 50 m di profondità, conseguentemente le altre. I transetti, secondo quanto previsto dagli allegati alla legge, erano disposti a circa 10 km di distanza l'uno dall'altro, a partire da nord a Marina di Carrara fino a sud al lago di Burano.

Nel secondo triennio di convenzione (giugno 2001 – dicembre 2004), ancora in corso di svolgimento per le proroghe da giugno a dicembre 2004 e successivamente fino a marzo 2006, l'attività di monitoraggio si svolge in sei aree individuate dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio sulla base dei risultati ottenuti dal primo triennio di attività; di queste, cinque aree sono state definite critiche e una di riferimento. In ogni area è stato fissato un transetto con tre stazioni di indagine, per un totale di 18 stazioni (sei transetti). Il criterio per la disposizione delle



stazioni lungo il transetto è il solito della precedente convenzione. La frequenza di indagine è quindicinale durante tutto l'anno.

Nel giugno del 2001 è iniziato anche il monitoraggio relativo alla convenzione con la Regione Toscana ai sensi del D. Lgs. 152/99. Il piano di monitoraggio comprende 24 stazioni (8 transetti) con frequenza di indagine stagionale per tutte le stazioni, quindicinale nel periodo giugno - settembre nei transetti in cui l'indice *TRIX* risulta "scarso" secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/99.

Da quanto esposto sopra sinteticamente, appaiono evidenti le differenze esistenti nei piani di monitoraggio tra i due periodi considerati: maggio 1997 – dicembre 2000 e giugno 2001 – giugno 2004. Infatti, nel primo periodo le stazioni di indagine sono in numero molto elevato, in totale 120 stazioni su 40 transetti con 3 stazioni per transetto; la frequenza è stagionale su tutte le stazioni e su un numero più limitato, 46 stazioni per 23 transetti con 2 stazioni per transetto, la frequenza è quindicinale da giugno a settembre e mensile per il resto dell'anno. Nel secondo periodo di attività le stazioni di indagine sono in totale 42 su 14 transetti (6 relativi alla convenzione *Legge 979/82* e 8 relativi alla convenzione *D. Lgs. 152/99*); la frequenza è quindicinale per i 6 transetti della *Legge 979/82* (18 stazioni), stagionale per i restanti 8 del *D. Lgs. 152/99* (24 stazioni), quindicinale da giugno a settembre nei transetti di quest'ultimo gruppo in cui l'indice *TRIX* risulta "scarso" secondo quanto previsto dal *D. Lgs. 152/99*.

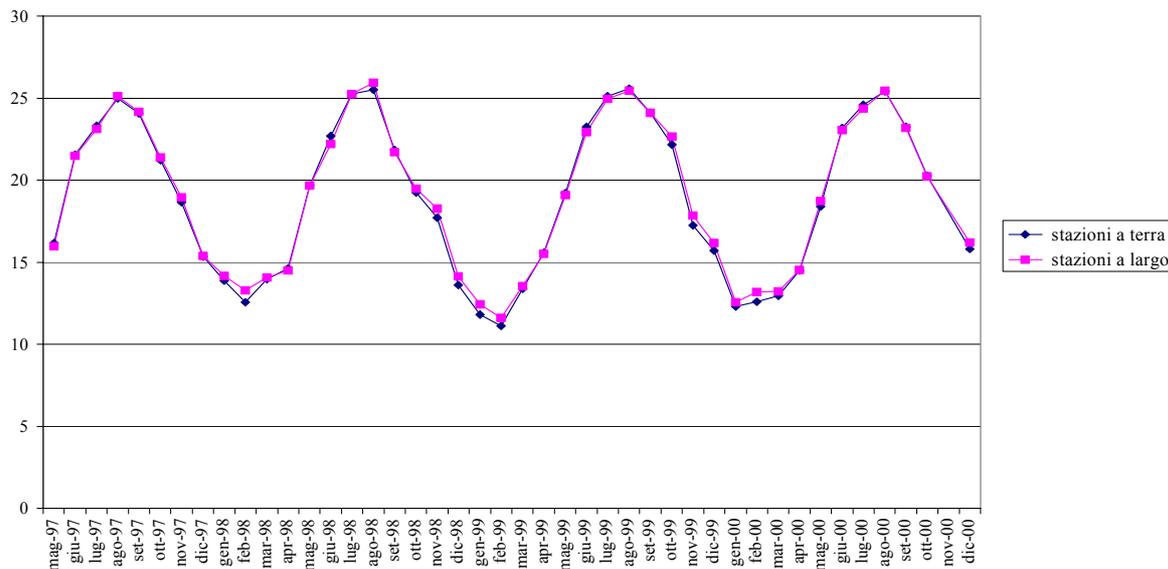
### **Temperatura**

L'andamento della temperatura superficiale mensile ottenuta calcolando la media dei valori disponibili lungo la costa toscana fornisce, in maniera sintetica ed immediata, il comportamento del parametro considerato mediato nell'intero arco temporale di sette anni.

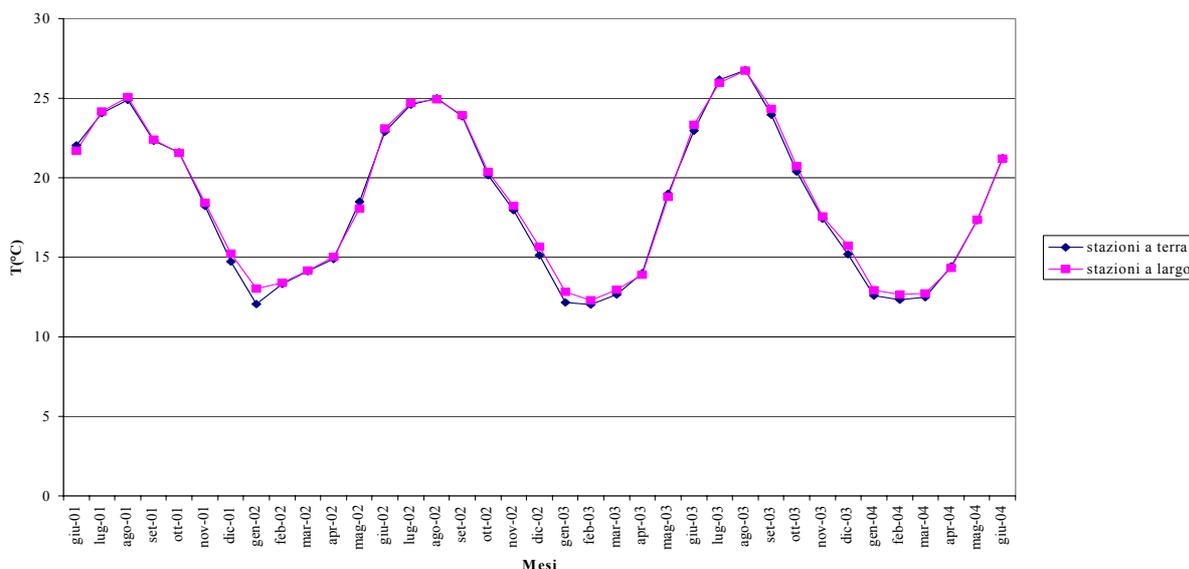
Nella figura 1 e 2 sono riportati i grafici delle medie mensili della temperatura superficiale rispettivamente da maggio 1997 a dicembre 2000 e da giugno 2001 a giugno 2004. Sono stati considerati i valori superficiali delle stazioni più vicine alla costa e delle stazioni più a largo dei singoli transetti.

Questo tipo di analisi non persegue la finalità di descrivere singoli eventi relativi ad una determinata zona, ma fornisce, in una sintetica rappresentazione grafica, l'andamento della temperatura mediato lungo la costa regionale nell'intero arco temporale di sette anni.

Andamento delle medie mensili della Temperatura dello strato superficiale  
I° triennio



Andamento delle medie mensili della Temperatura dello strato superficiale  
II° triennio



Risulta evidente il carattere periodico della variazione annuale della temperatura con tipico andamento sinusoidale in funzione del ciclo stagionale; i grafici risultano molto regolari in entrambi i periodi considerati e non si riscontrano differenze di rilievo tra le medie mensili calcolate per le stazioni a terra e quelle a largo.

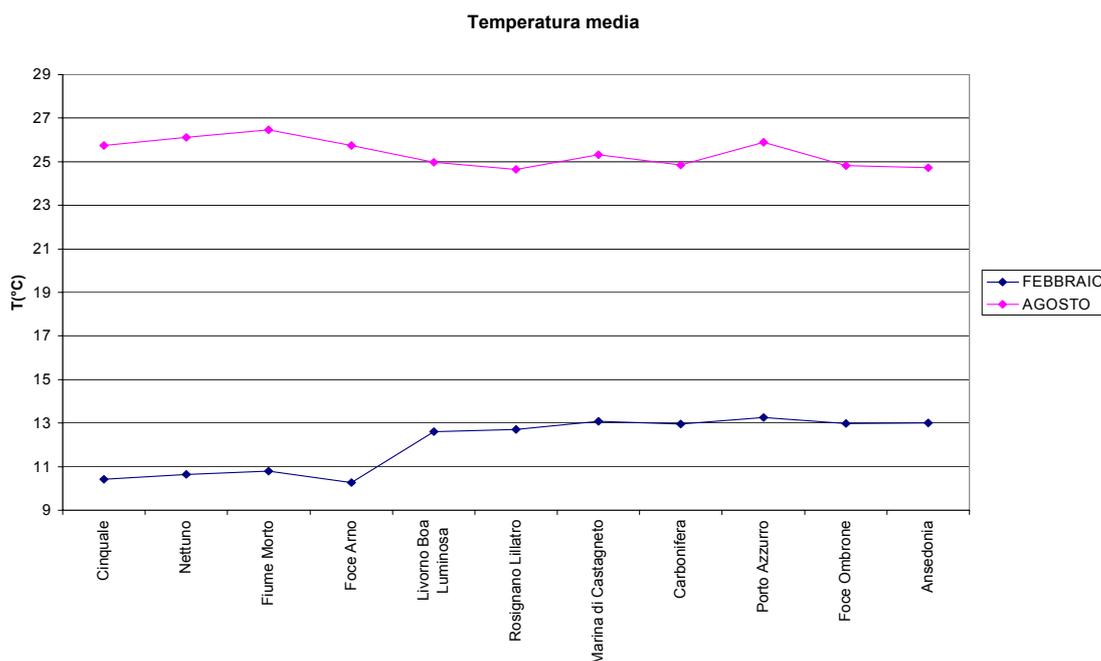
Le medie mensili più alte di temperatura sono state raggiunte nei mesi di agosto di ogni anno, con valori che superano di poco i 25° C; da queste medie superficiali lungo la costa regionale risulta che nel 2003 si sono registrati i valori più alti con 25,98° in luglio e 26,75° in agosto. Tipicamente, la temperatura superficiale delle acque costiere, dopo i massimi estivi, subisce una brusca caduta con le prime avvisaglie dell'autunno; infatti, osservando i grafici si rileva questo tipo di andamento con una elevata pendenza del grafico da agosto verso settembre.



Le medie mensili più basse di temperatura sono state raggiunte quasi sempre nel mese di febbraio, con valori poco superiori a 12° C; l'inverno più freddo risulta quello del 1998 – 1999 con la temperatura di 11,12° (stazione a terra) e 11,62° (stazione a largo).

Nelle acque costiere diversi fattori, correlati alla tipologia di costa, possono influire sulle temperature superficiali. Diminuzioni nei valori della temperatura possono essere indotti, nel periodo invernale, dalla presenza di apporti lungo costa di acque dolci che, in questo periodo dell'anno, hanno temperature più basse del mare; l'orografia costiera può intensificare la forza del vento (wind-stress) quando questo spira lungo l'asse delle valli provocando fenomeni di "upwelling" di acque profonde più fredde. Al contrario valori alti di temperatura possono essere favoriti in acque ad elevata torbidità, dovuta ad alta densità di biomassa algale fitoplanctonica, che provoca un assorbimento maggiore della radiazione solare da parte della massa d'acqua; questo fenomeno è accentuato in zone con basso fondale dove il rimescolamento verticale della colonna d'acqua è più rapido. A tal proposito è interessante osservare il grafico in figura 3.

Sono riportate le medie delle temperature superficiali nei mesi di febbraio e agosto, dal 1997 a giugno 2004, ottenute in 11 aree della costa toscana. Si nota che le temperature delle stazioni a nord di Livorno risultano nettamente più basse nel mese di febbraio e più alte nel mese di agosto. Questa distribuzione delle temperature lungo la costa toscana è da imputare ai fattori sopra citati, poiché, si tratta di dati riferiti ad una fascia di mare non oltre la distanza di 3000 metri dalla costa; pertanto, quanto osservato non è da mettere in relazione con la circolazione generale del Mediterraneo e, più in particolare, con il flusso di correnti innescato dal gradiente termico esistente tra il bacino ligure e quello del Tirreno meridionale.



La massa d'acqua del mare riesce ad immagazzinare in modo molto efficiente l'energia solare sotto forma di calore, ma, per poter esaminare questo aspetto è necessario estendere l'analisi della temperatura a tutta la colonna d'acqua.

A tale scopo, tra le stazioni con profondità elevata, prossima ai 50 metri, non potendo disporre di una stessa stazione comune al primo e secondo triennio di misura, sono state individuate due stazioni posizionate entrambe all'Isola d'Elba (Punta Rossa e Capo Bianco) la prima monitorata durante il primo triennio e l'altra nel secondo. L'analisi dei dati relativi alla temperatura registrata in queste stazioni, vuole essere rappresentativa di quello che generalmente è accaduto a livello regionale e non descrittivo della specifica località a cui si riferiscono le misure.

Sono state mappate, per queste due stazioni, le isoterme in funzione, in ascissa, dell'arco temporale esaminato e, in ordinata, della profondità (fig.4 e fig. 5).



Fig. 4 Isolinee di temperatura Punta Rossa (I. d'Elba)

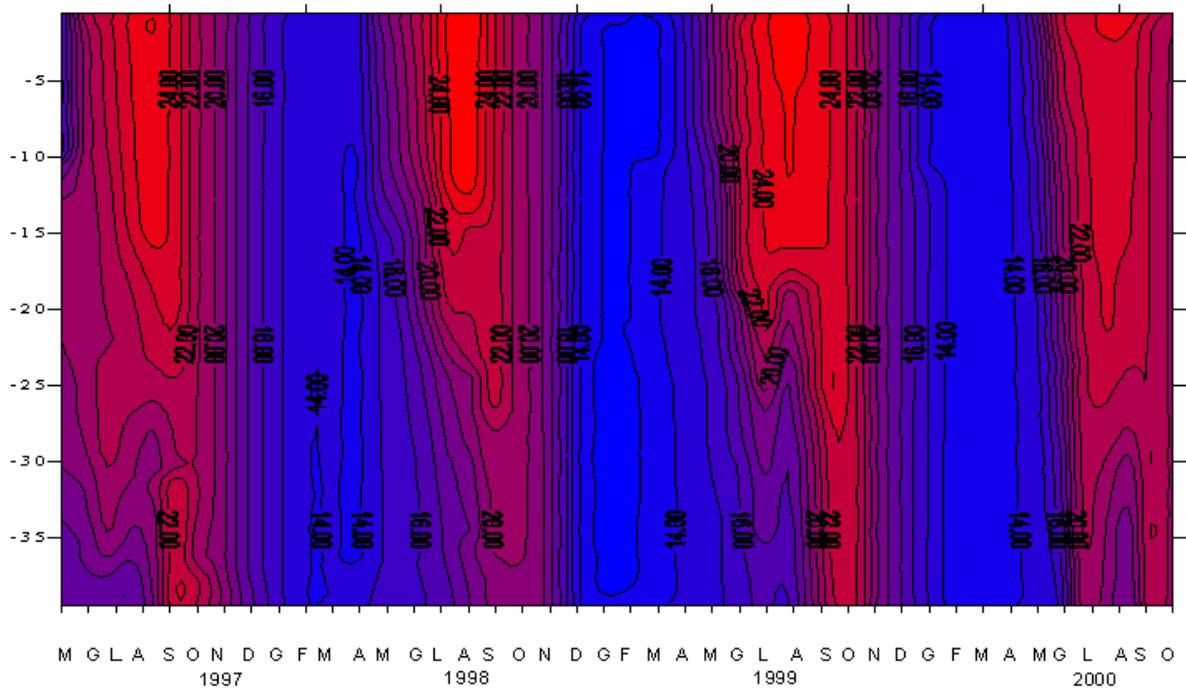
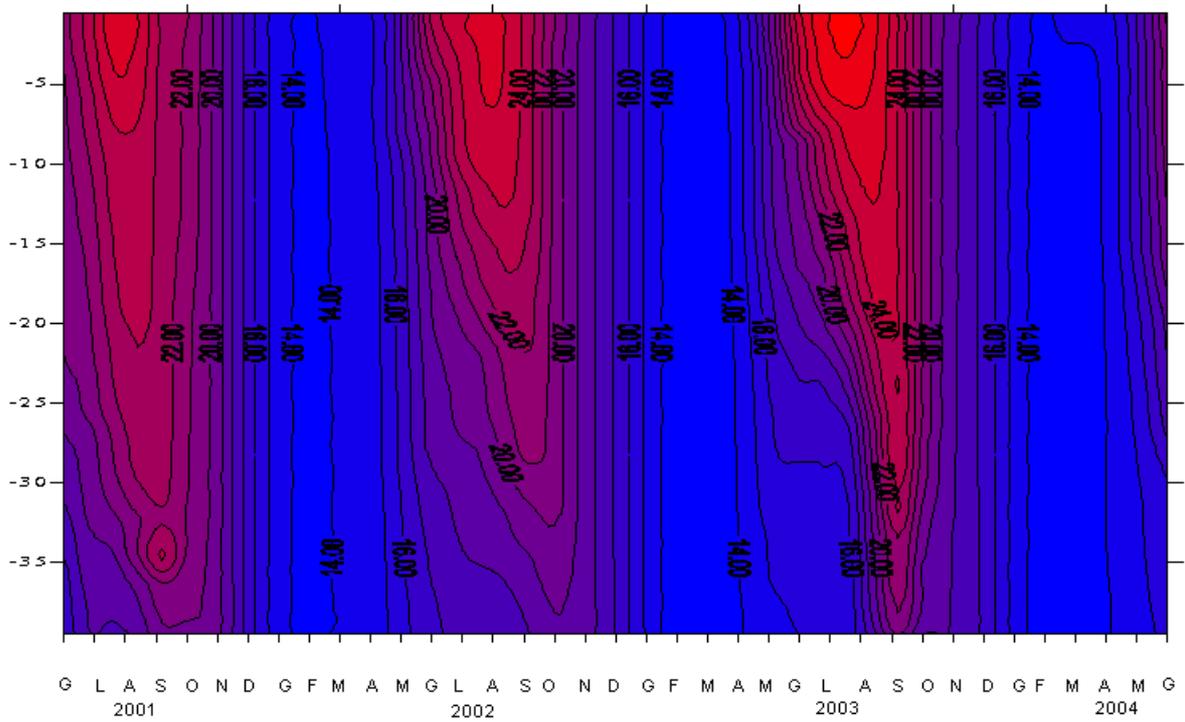


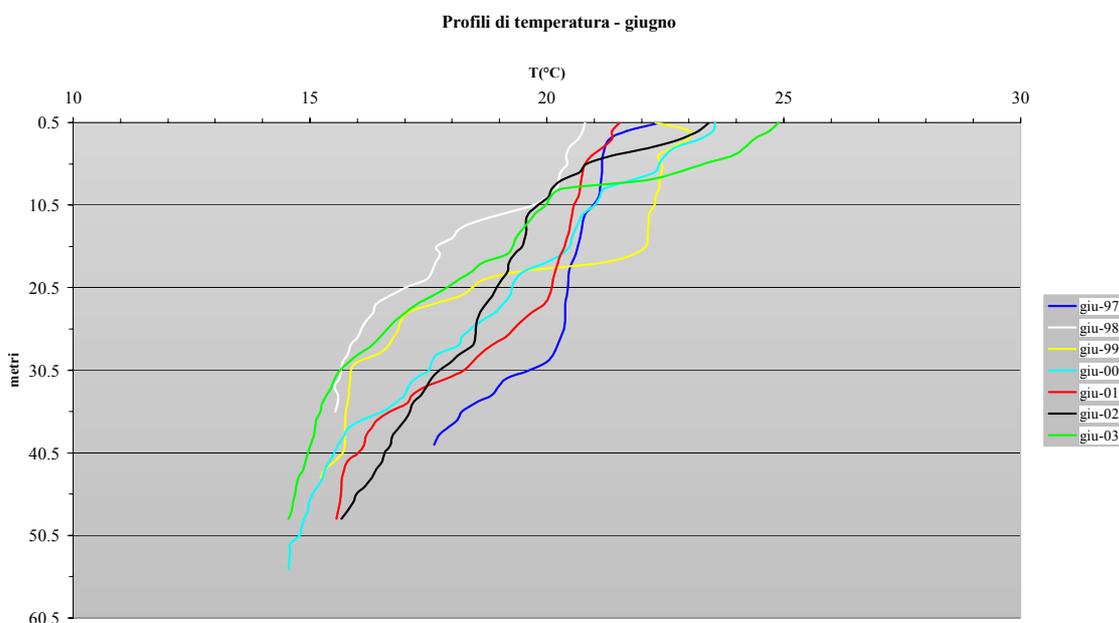
Fig. 5 Isolinee di temperatura Capo Bianco (I. d'Elba)



Osservando i sette periodi estivi è possibile notare che la isoterma dei 22° C ha raggiunto le profondità maggiori nelle estati del 1999 e del 2003; questo conferma che il 2003 è stato caratterizzato da un'estate particolarmente calda, con valori alti di temperatura che, però, hanno interessato particolarmente le acque superficiali; il 1999 rimane l'anno in cui sono state registrate temperature elevate alle massime profondità e per un maggior periodo di tempo. L'estate del 2000 è caratterizzata dalle minime temperature nello stato superficiale, mentre il 2002 risulta l'anno in cui l'isoterma dei 22° C ha raggiunto la profondità minore.

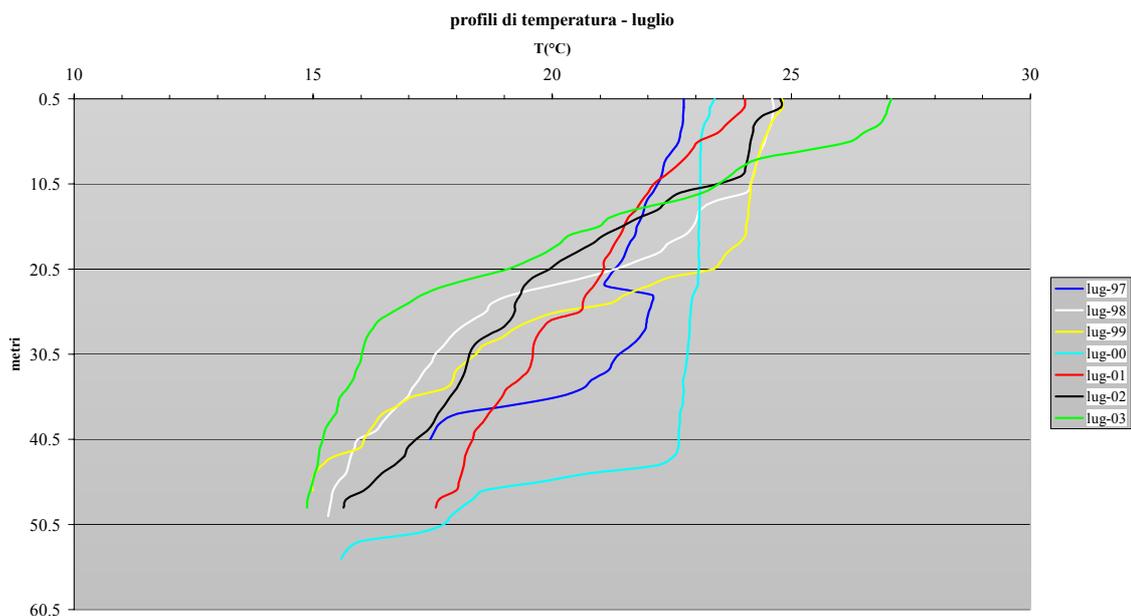
Le figure 6, 7, 8 e 9, per le stesse stazioni (Punta Rossa e Capo Bianco), mostrano i profili della temperatura per i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre registrati dal 1997 al 2003.

Dalla figura 6, analizzando i profili relativi al mese di giugno, è possibile osservare che le acque superficiali avevano raggiunto nel 2003 un valore prossimo a 25° C con un termocline che inizia intorno ai 5 metri di profondità. Nel 1999 la massa d'acqua ha già raggiunto un discreto riscaldamento con una temperatura di circa 23° C quasi costante dalla superficie fino a oltre 15 metri; il 2002 e il 1998 sembrano essere gli anni in cui, fino a giugno, la massa d'acqua ha accumulato meno calore.



Questi andamenti trovano riscontro nelle caratteristiche meteorologiche dei relativi mesi di quegli anni; infatti, nel 2003, il mese di giugno fu caratterizzato da condizioni stabili del tempo con alti valori di temperatura, così come nel 1999, ma, in questo caso, a fine mese, per instabilità meteorologica durata circa una settimana, si è avuto il trasferimento di calore accumulato negli strati superficiali verso il basso, con un approfondimento del termocline; nel giugno 2002 le giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche tipicamente estive furono veramente poche e solo un sottile strato superficiale del mare risulta in minima parte riscaldato.

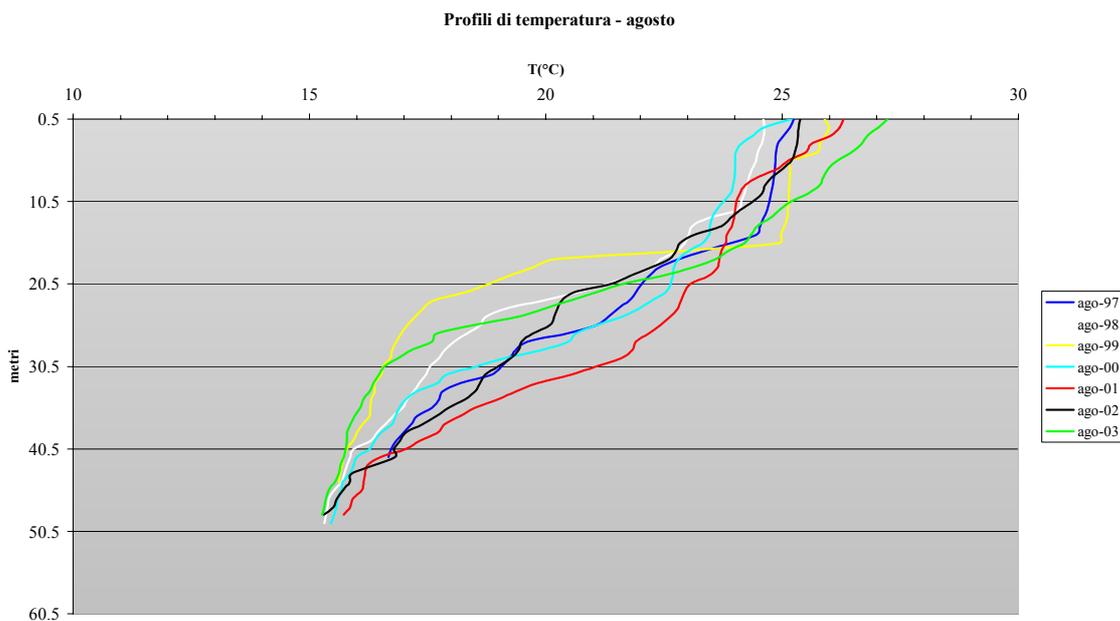




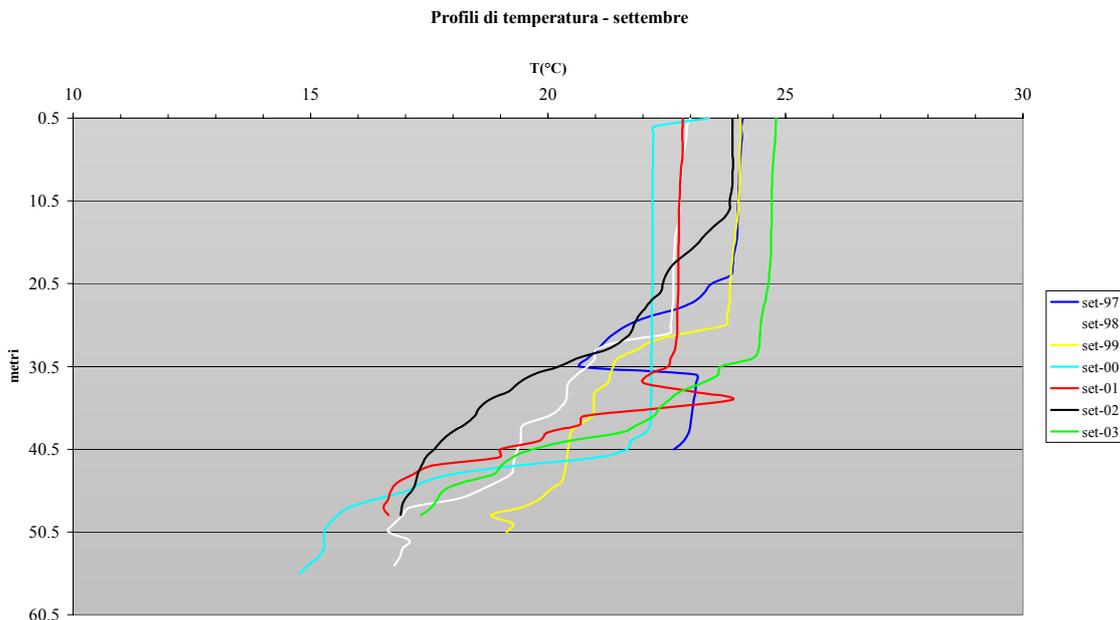
Le seguenti considerazioni relative alla figura 7, confermano quanto già osservato precedentemente sulla differenza tra le due estati del 1999 e 2003, che risultano le più calde del periodo considerato, nel luglio del 2003 il riscaldamento dello strato superficiale raggiunge temperature elevate, ma confinate ai primi metri; infatti, come si evince dalla figura, si vede che l'andamento della temperatura nel luglio del 2003 interseca alla profondità di circa 8 metri e alla temperatura di circa 25° C gli andamenti delle temperature negli anni 1998, 1999 e 2002. Con l'aumentare della profondità la temperatura nel 2003 diminuisce verso gli strati profondi, ma, nel 1999 si registrano circa 25° C fino a quasi 20 metri di profondità.

Il profilo del grafico relativo al luglio 2000, con uno strato superficiale ben rimescolato e un termoclino molto netto, risulta più simile a un andamento tipico del mese di settembre; infatti, in questo mese fino ai primi giorni di agosto, le condizioni meteorologiche sono state perturbato in modo anomalo per il periodo stagionale, con frequenti venti settentrionali di forte intensità e mari molto mossi. A livello nazionale, è stato registrato un abbassamento della temperatura dell'aria che certamente non si verifica di frequente in questa mese, con valori, in qualche caso, di 10° inferiori alle medie del periodo.

Nei mesi di agosto, dai profili della temperatura mostrati in figura 8, si vede come nel 2003 la massa d'acqua ha continuato ad accumulare calore, anche se, lo scarso rimescolamento dovuto alla stabilità atmosferica, ha determinato valori molto elevati limitatamente ai primi 10 metri di profondità; nel 1999 si nota che da luglio ad agosto la massa d'acqua si è ulteriormente riscaldata, ma, a differenza del 2003, i meccanismi di trasferimento del calore verso il basso sono più attivi e si registrano temperature superiori a 25° C oltre i 15 metri di profondità; nel 2000, dal profilo del mese di agosto si vede che il termoclino è risalito rispetto al mese precedente, conservando la stessa temperatura dello strato superficiale, tranne nei primissimi metri; questo indica che la massa d'acqua ha perso calore rispetto al mese di luglio, contrariamente a quanto accade in genere.



Nel mese di settembre si osserva in genere, con la fine delle calme estive e i primi fenomeni di instabilità atmosferica dell'inizio di autunno, un rimescolamento del primo strato sopra il termocline con un trasferimento agli strati profondi del calore superficiale immagazzinato nel periodo estivo.



Questo determina la presenza di un primo strato con temperatura quasi costante, di qualche grado inferiore alle temperature superficiali del mese di agosto, separato con un termocline abbastanza netto dallo strato sottostante; la figura 9 mostra questo tipo di profili. Si può notare che a settembre del 2003 sono stati registrati circa 25° C fino a 30 metri di profondità e nel 1999, ad oltre 25 metri di profondità, si raggiungono circa 24° C. L'estate del 2003, particolarmente negli strati superficiali, risulta certamente caratterizzata da temperature più elevate relativamente ai sette periodi stagionali esaminati, ma, l'estate del 1999 è quella in cui

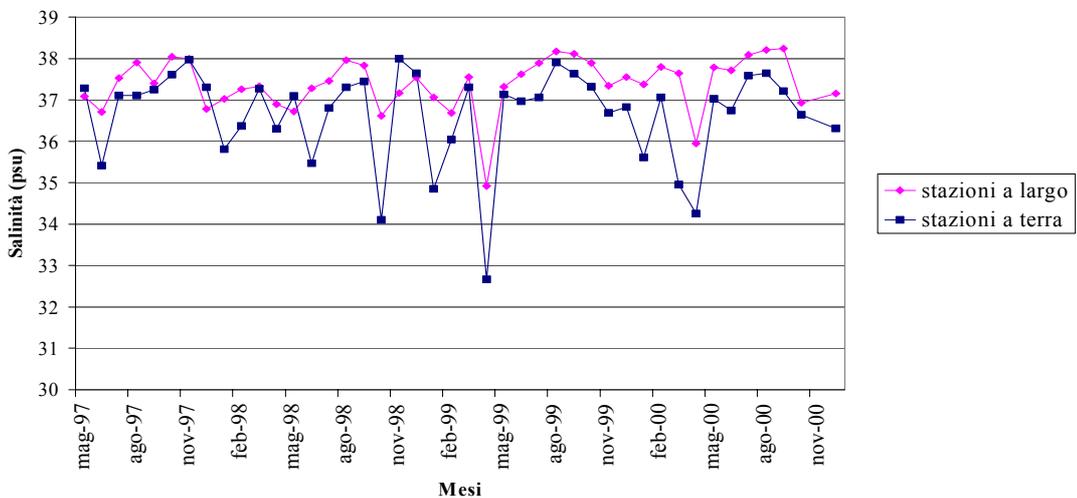


sono stati registrati alti valori di temperatura per un lungo periodo ad elevata profondità. Quanto descritto sopra relativamente all'estate del 1999, potrebbe aver causato i danni, documentati in quell'anno, al coralligeno e in particolare alle gorgonie e al corallo rosso.

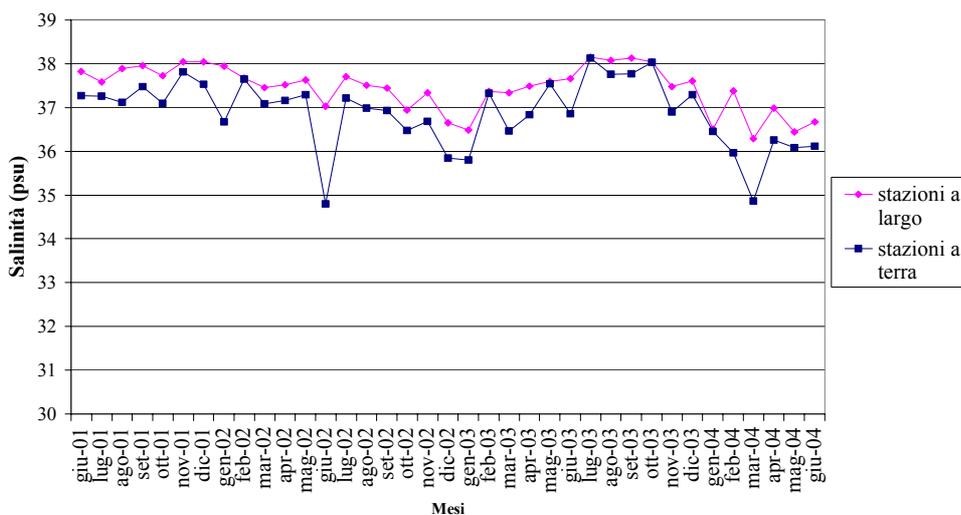
**Salinità**

La salinità del Tirreno mostra solo piccole variazioni imputabili ai fenomeni di evaporazione e precipitazione con andamenti legati ai periodi stagionali. I dati ottenuti nell'ambito delle attività di monitoraggio marino costiero, svolte dall'ARPAT in convenzione con la Regione Toscana, si riferiscono a misure eseguite in stazioni a distanza non superiore a 3000 metri dalla costa. Questa fascia di mare risente direttamente degli apporti terrigeni di acqua dolce e le variazioni di salinità, associata ai regimi di portata fluviale, sono più accentuate rispetto a quanto accade in mare aperto.

Andamento delle medie mensili della Salinità dello strato superficiale  
I° triennio



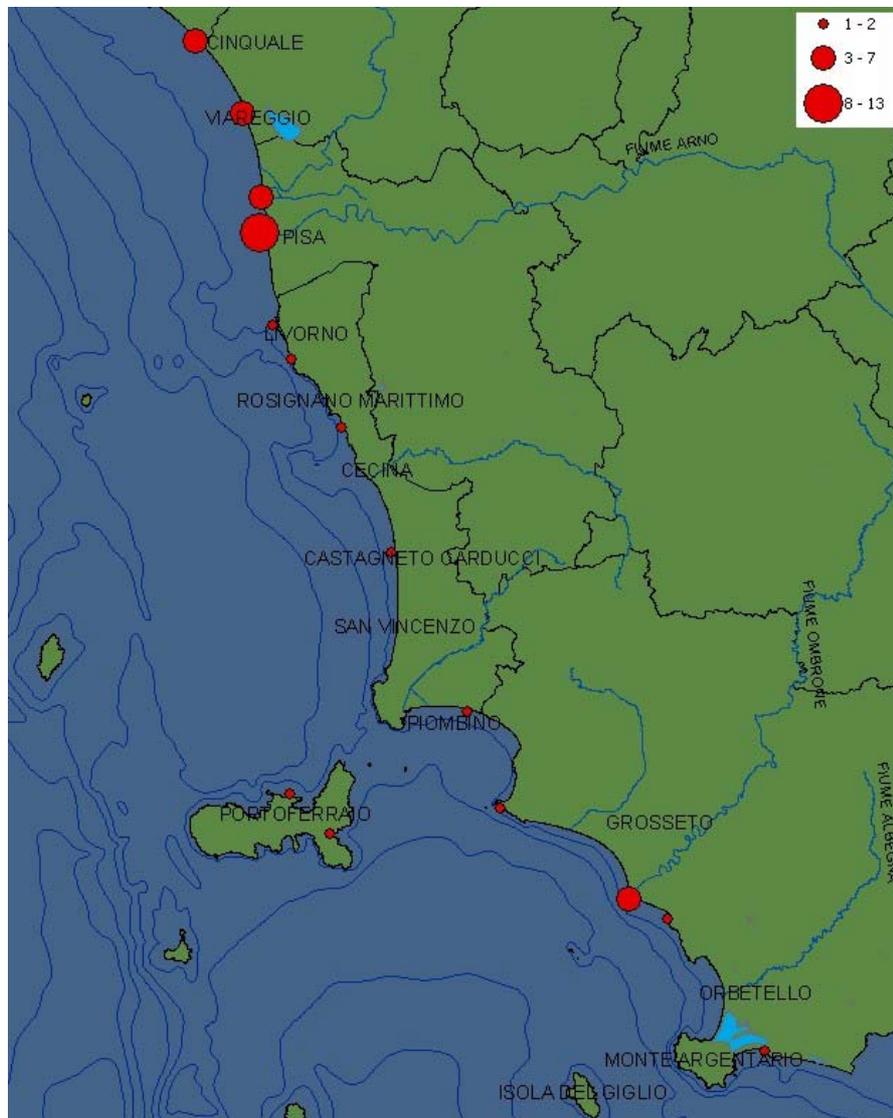
Andamento delle medie mensili della Salinità dello strato superficiale  
II° triennio



L'andamento delle medie mensili delle stazioni costiere risulta più variabile di quelle al largo in entrambi i periodi (figure 10 e 11).

Nella figura 10, relativa al primo triennio di attività, è possibile riscontrare che i massimi di salinità, circa 38 psu, si trovano in coincidenza dei periodi estivi, quando anche il gradiente di salinità, tra le stazioni più vicine alla costa e quelle a largo, tende a diminuire. I minimi sono di norma osservati in primavera e alla fine dell'estate o in autunno inoltrato e sono sempre da riferirsi ai regimi fluviali e alle piogge stagionali, infatti, sono frequenti picchi accentuati con diminuzione della salinità di 2 – 3 unità.

Nella figura 11, secondo triennio, si notano solo due periodi con massimi di salinità, il primo dall'estate 2001 alla primavera 2002 e il secondo dalla tarda primavera all'estate del 2003; mentre l'estate 2002 non raggiunge valori di salinità particolarmente elevati. Questi dati trovano riscontro nella situazione meteorologica che ha caratterizzato questi periodi. Infatti, l'inverno 2001 – 2002 risultò quasi siccitoso e, anche la primavera – estate 2003 fu particolarmente scarsa di pioggia. Al contrario, nel 2002, dopo la primavera, l'estate fu del tutto particolare, con frequenti passaggi di perturbazioni atmosferiche che hanno portato spesso piogge, anche di notevole intensità.



**Fig.12**



La misura della salinità associata con la temperatura permette di caratterizzare le masse d'acqua dal punto di vista fisico e identificare acque di origine diversa presenti nella stessa area costiera. La salinità può anche fornire utili informazioni per definire la qualità delle acque dal punto di vista chimico e biologico. A tal proposito può risultare utile il calcolo del fattore di diluizione "F%" (o rapporto di diluizione), proporzionale alla frazione di acqua dolce presente in un campione di acqua di mare. Quasi sempre è ben evidente la dipendenza tra questo indicatore e la concentrazione delle sostanze di origine continentali.

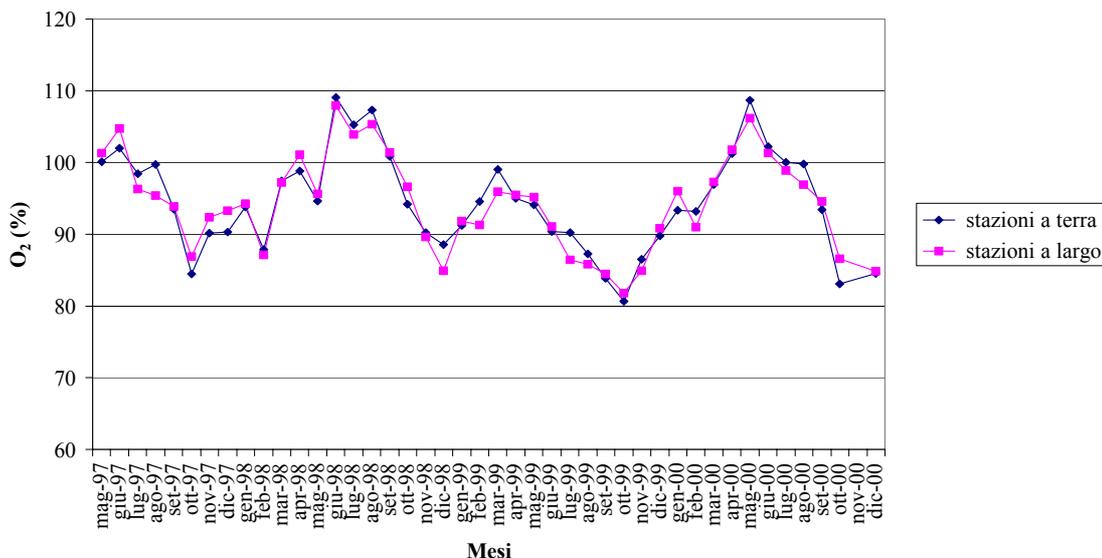
La figura 12 mostra una rappresentazione G.I.S. del fattore di diluizione "F%" calcolato per le stazioni più vicine alla costa sull'intero set di dati dal giugno 2001 a giugno 2004. Risulta evidente che le acque a nord di Livorno presentano un maggior apporto di acque dolci rispetto alla costa a sud e a quella dell'Isola d'Elba, unica eccezione è rappresentata dalla stazione posta in prossimità della foce del Fiume Ombrone.

**Ossigeno disciolto**

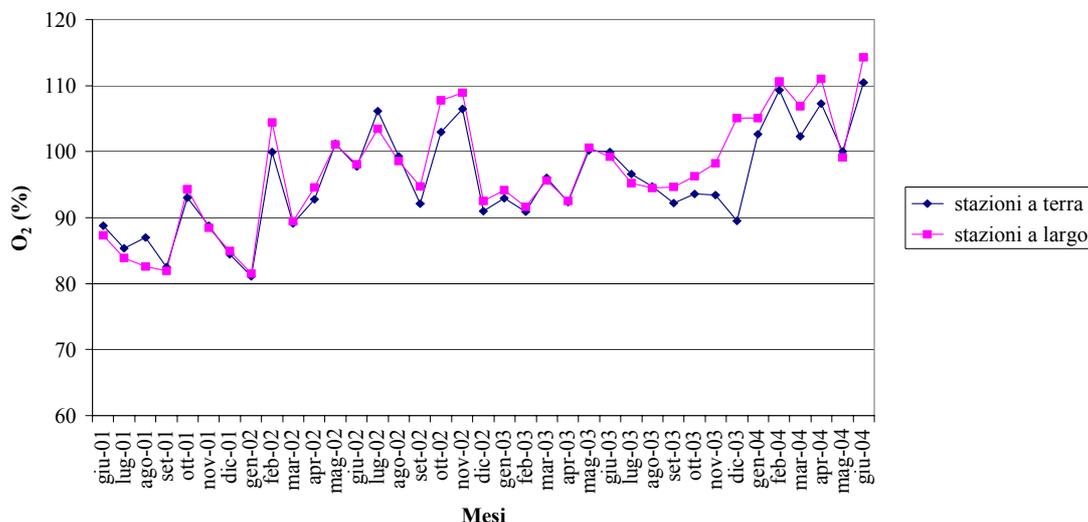
Il tenore di ossigeno disciolto permette di valutare l'attività della componente fitoplanctonica nell'ambiente e può quindi costituire un indicatore dello stato di trofia del corpo idrico.

I valori massimi di saturazione, coincidenti con il periodo di fine primavera, non superano il 110%. I valori più bassi, prossimi a 80%, sono raggiunti in inverno con la stasi dei cicli fitoplanctonici. L'andamento del primo triennio di attività risulta (figura 13) più regolare e meglio associato ai cicli stagionali. Infatti, nel secondo triennio di monitoraggio, probabilmente in conseguenza delle particolari condizioni meteorologiche che si sono verificate, si riscontrano (figura 14) valori alti della percentuale di saturazione dell'ossigeno in primavera fino all'inizio dell'autunno del 2002. Non si osserva un sensibile gradiente tra le stazioni più vicine alla costa e quelle a largo.

Andamento delle medie mensili della % di saturazione di Ossigeno disciolto dello strato superficiale I° triennio



Andamento delle medie mensili della % di saturazione di Ossigeno dello strato superficiale II° triennio



4.1.2 Nutrienti (giugno 2001 - dicembre 2004)

L'esame dei dati relativi alla componente fosfatica raccolti nelle tre annualità mettono in luce quanto già detto sopra in merito alla trattazione dei dati da giugno 2003 a dicembre 2004: fatta eccezione per le stazioni a terra di Fiume Morto e Foce Ombrone le concentrazioni sono vicine ai limiti di determinazione del metodo analitico e per tutti i transetti si nota una variabilità diversa e apparentemente casuale rispetto a quanto riscontrato per la componente azotata. Il fosforo totale segue l'ortofosfato con concentrazioni superiori a 1,5 e 2,0 µmoli/L nei transetti Fiume Morto e Foce Ombrone rispettivamente.

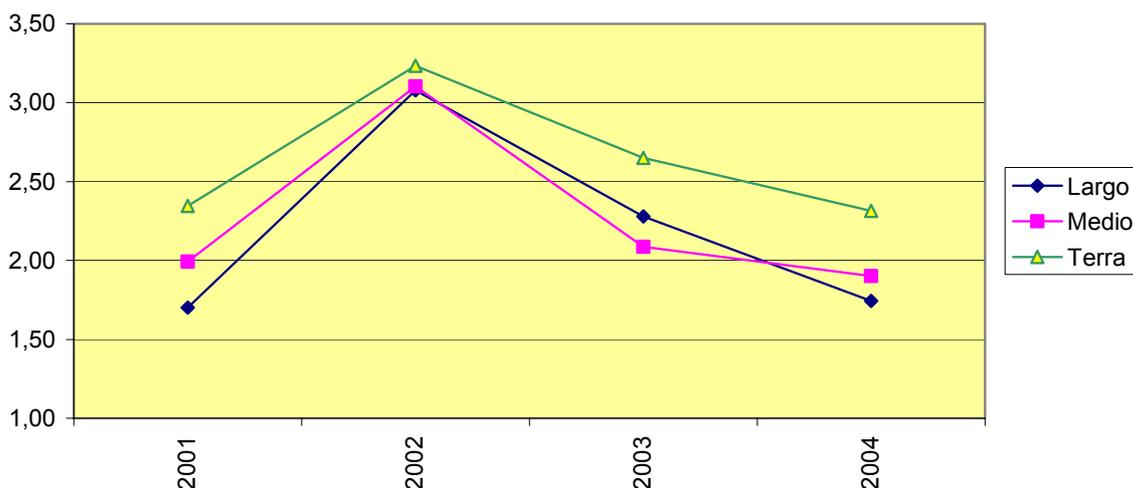


Figura 20 - DIN totale complessivo dei sei transetti esaminati nel periodo giugno 2001-dicembre 2004. Stazioni a terra, intermedie e al largo.



L'andamento del DIN per le stazioni a terra, intermedie e al largo, durante il periodo giugno 2001- dicembre 2004 (Figura 20) procede da valori che vanno da 1,7 a 3,2  $\mu\text{moli/L}$  con variazioni stagionali che si possono apprezzare nella Figura 21. Le stazioni a terra, come era prevedibile, presentano i valori di DIN totale complessivo più alti di circa 1  $\mu\text{mole}$  di quelle intermedie e del largo ad eccezione del 2002 dove la differenza tra i tre valori non risulta essere così marcata.

La distribuzione stagionale mostra che per Fiume Morto e Foce Ombrone ci sono fluttuazioni più marcate in concentrazione che per gli altri transetti: si evidenziano aumenti durante i mesi autunnali e invernali del 2001 e del 2002. La tendenza nell'autunno del 2003 è ancora verso il progressivo aumento che culmina con concentrazioni di 35 e 14  $\mu\text{moli/L}$  (totale complessivo per le stazioni a terra, intermedie e del largo) rispettivamente a Fiume Morto e Foce Ombrone a causa delle piogge abbondanti e del riversamento a mare di quanto veicolato dal fiume Arno e dal fiume Ombrone durante il finire del 2003 e i primi mesi del 2004. Sul finire del 2004 è possibile osservare l'innalzamento nei profili del DIN e questa volta le concentrazioni raggiunte da Foce Ombrone superano di circa 10  $\mu\text{moli/L}$  quelle di Fiume Morto. L'estate, in tutti gli anni esaminati è contraddistinta da punti di minimo con concentrazioni che non superano 5  $\mu\text{moli/L}$  in entrambi i transetti.

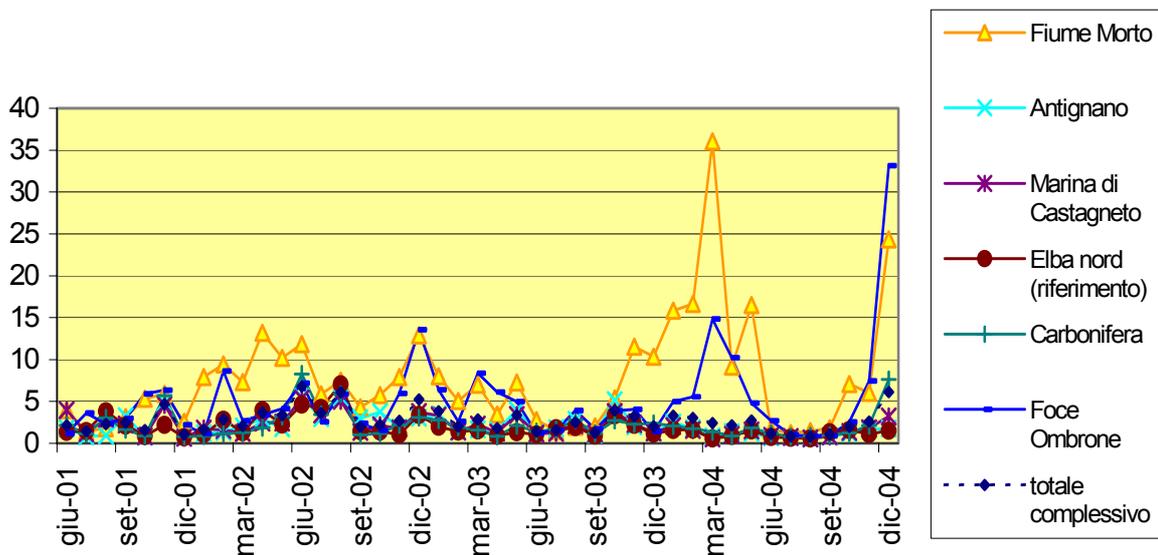


Figura 21 - andamento stagionale DIN (medie geometriche). Totale per le stazioni a terra, intermedie e del largo.

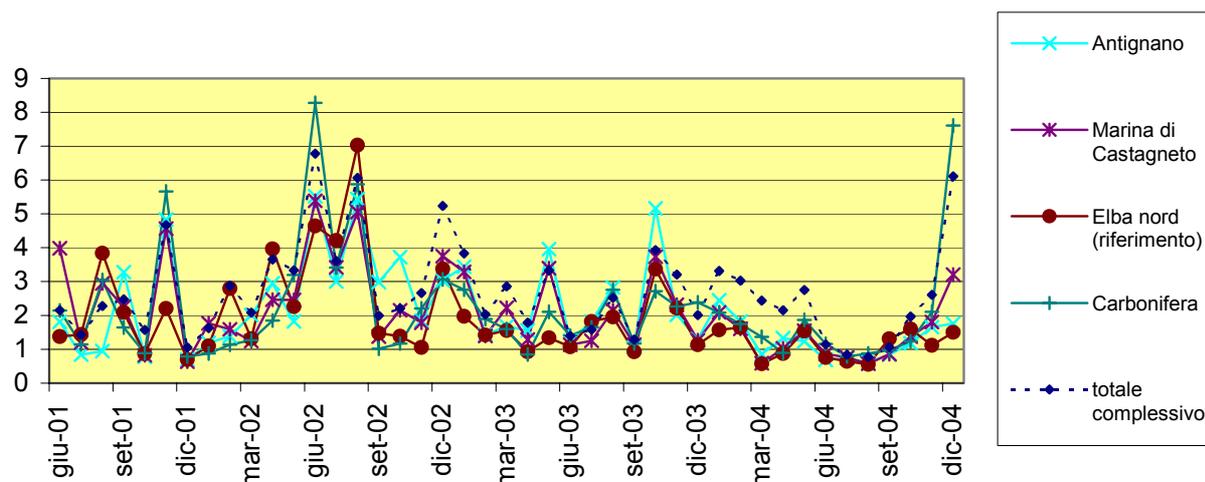


Figura 22 - andamento stagionale DIN (medie geometriche). Totale per le stazioni a terra, intermedie e del largo. Zoom dei transetti a minore contenuto trofico.

Dall'esame della Figura 22 appare rilevante la concentrazione del DIN nelle stazioni Elba nord Marina di Castagneto e Carbonifera in corrispondenza del periodo giugno-settembre 2002 dove si raggiungono concentrazioni di 8  $\mu\text{mol/L}$  causa dell'effetto antropico estivo (rilevanza delle presenze turistiche rispetto alla popolazione residente), che non è apparso così evidente negli altri anni indagati. La situazione per i transetti meno eutrofizzati si mostra più variabile nel corso del tempo rispetto a quanto osservato per Fiume Morto e Foce Ombrone. La ciclicità è meno evidente e le concentrazioni non aumentano mai sopra le 5  $\mu\text{mol/L}$ .

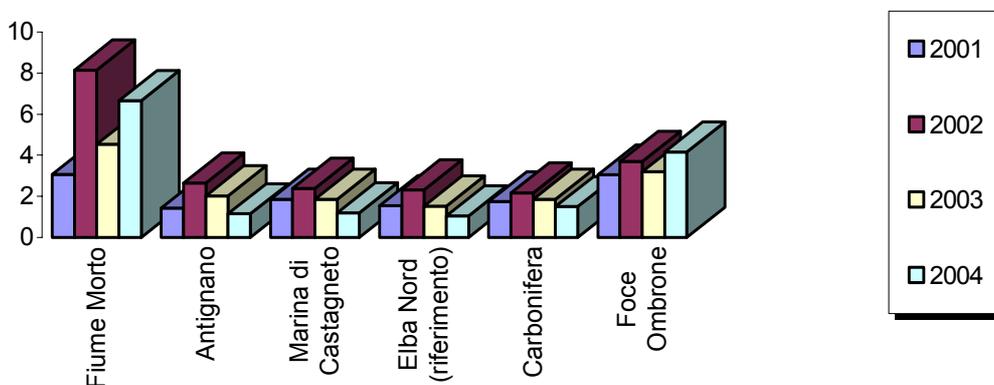


Figura 23 - Andamento delle medie geometriche del DIN (complessivo per stazioni a terra, intermedie e al largo) negli anni 2001 – 2004.

Come è possibile notare dalla Figura 22, l'andamento generale dei nutrienti azotati per tutto il periodo di monitoraggio indica un trend in calo procedendo da Nord verso Sud con i valori più alti di DIN totale complessivo a nord di Livorno. Il transetto Foce Ombrone è caratterizzato da apporti a mare derivanti dal fiume omonimo in cui si riversano carichi azotati principalmente dovuti alla tradizionale attività agricola e zootecnica praticata nella zona meridionale della Toscana. Questo andamento, particolarmente evidente per le stazioni a terra è confermato anche dalle stazioni intermedie. Le stazioni di alto fondale non risentono significativamente dell'effetto eutrofico.



I transetti del centro, eccezion fatta per l'anno 2002, mostrano una generale diminuzione del DIN totale complessivo procedendo dal 2001 al 2004, anno in cui si è registrato il più basso contenuto di nutrienti azotati per tali transetti.

Ciò non è vero per i transetti localizzati agli estremi della costa: le abbondanti piogge verificatesi nei mesi autunnali ed invernali dell'ultimo anno in esame hanno contribuito in misura preponderante al picco del DIN del 2004. Nella Figura 24, nella Figura 25 e nella Figura 26, è riportato l'andamento temporale per le stazioni a terra, intermedie e al largo limitatamente all'anno 2002, anno in cui si è assistito al massimo del carico di azoto solubile in tutti i transetti ad esclusione di Foce Ombrone: per le stazioni a terra e quelle intermedie che hanno subito l'apporto dalle zone terrigene assai più di quelle di alto fondale, la zona di criticità è limitata al periodo maggio-settembre 2002.

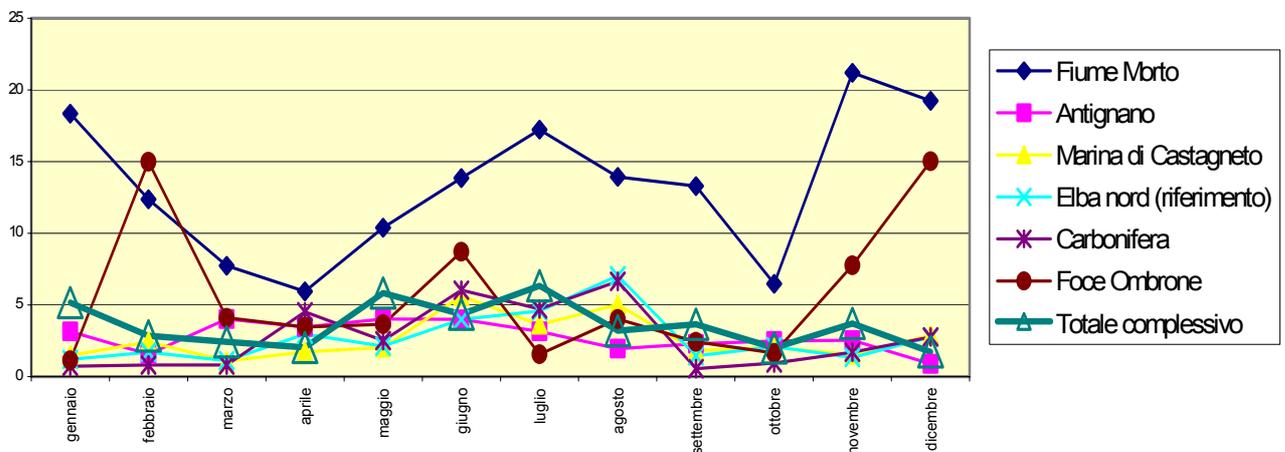


Figura 24 - Andamento DIN (medie geometriche) per le stazioni a terra. Anno 2002.

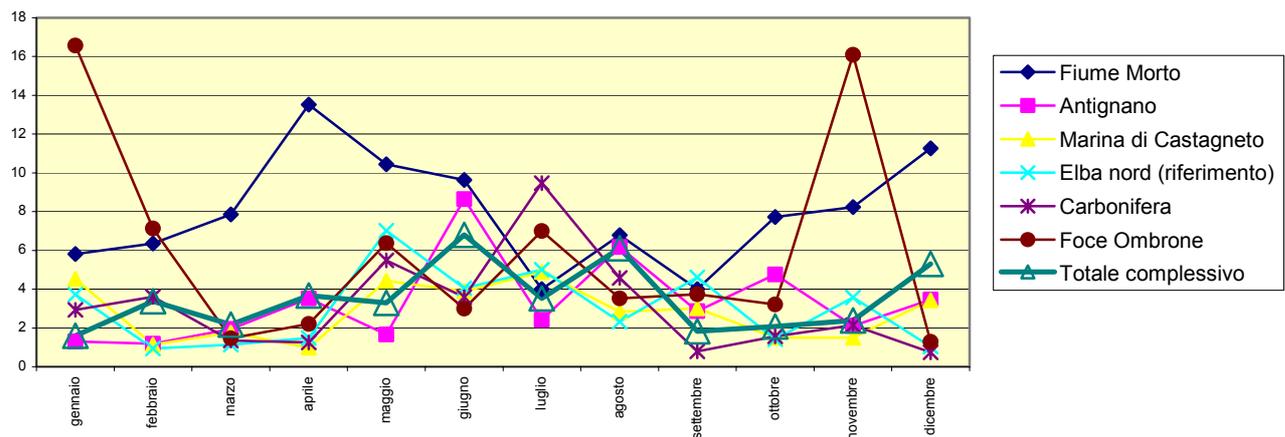


Figura 25 - Andamento DIN (medie geometriche) per le stazioni intermedie. Anno 2002.

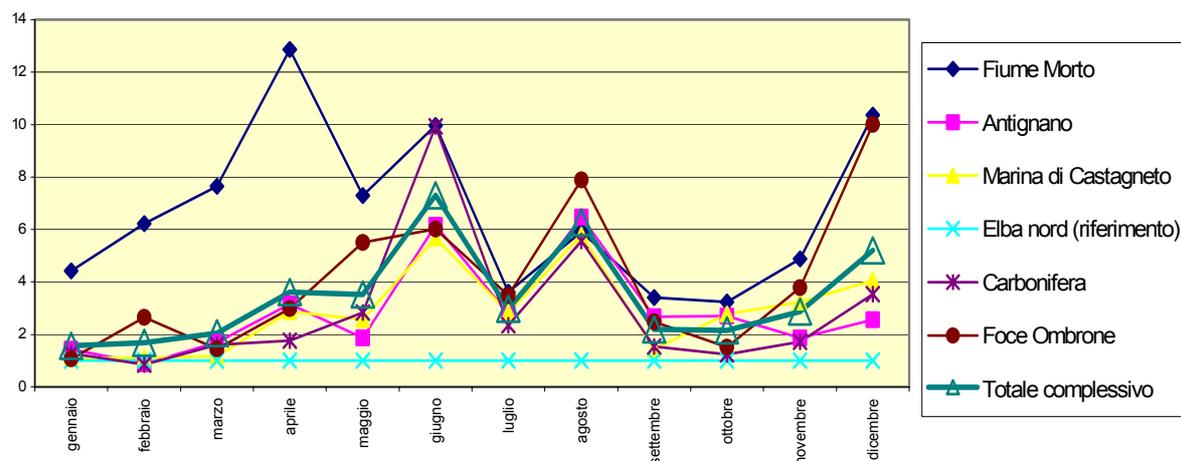


Figura 26 - Andamento DIN (medie geometriche) per le stazioni al largo. Anno 2002.

### Osservazioni generali

Obiettivo principale è quello di valutare l'impatto dei carichi azotati nei transetti sottoposti ad indagine (Fiume Morto, Antignano, Marina di Castagneto, Elba Nord scelta dal 2001 quale zona di riferimento, Carbonifera e Foce Ombrone) e di esaminarne l'andamento spazio temporale. Il parametro preso in esame è il DIN, (dissolved inorganic nitrogen) i cui componenti sono determinati dall'azoto ammoniacale, nitroso e nitrico. Nei calcoli si fa riferimento al valore assunto dalle medie geometriche di questo, visto che i dati in nostro possesso hanno una distribuzione log-normale.

Il contributo dell'azoto nitroso al DIN è trascurabile; i valori stagionali per tutte le stazioni non risentono di variazioni significative e la sua concentrazione è di poco superiore ai limiti di determinazione del metodo analitico. Limitatamente al periodo giugno 2003-dicembre 2004 il valore del DIN complessivo delle stazioni a terra, intermedie e al largo mostra valori massimi in inverno e primavera e minimi in estate con lenta crescita nel tardo autunno. I mesi in cui si sono evidenziate le massime concentrazioni sono stati marzo 2004 e dicembre 2004 dove, per Fiume Morto e Foce Ombrone, a causa di imponenti piogge si sono superate le 30  $\mu\text{mol/L}$  e le 15  $\mu\text{mol/L}$  rispettivamente. Il transetto di riferimento ha confermato il trend degli anni precedenti: concentrazioni più basse degli altri sottoposti ad indagine e significativi aumenti nei mesi estivi a causa dell'effetto delle presenze turistiche. L'andamento del DIN per le stazioni a terra, intermedie e del largo mostra maggiore sovrapposizione nell'andamento delle prime due. Le stazioni del largo non sembrano risentire significativamente dell'effetto terrigeno eccezion fatta per i mesi di marzo 2004 e dicembre 2004. In estate la situazione subisce un forte arresto specialmente nei transetti più eutrofizzati posti agli estremi della costa per la mancanza di ingenti apporti veicolati dai corsi d'acqua che in questo periodo hanno scarsa portata.

Nell'esame complessivo del DIN dal 2001 al 2004 distinto per le tre tipologie di stazioni si evidenzia una graduale diminuzione procedendo dalle stazioni di terra a quelle di alto fondale per tutti gli anni sottoposti ad indagine eccezion fatta per il 2002. Nei mesi maggio-settembre 2002 si sono potute registrare infatti concentrazioni rilevanti nelle stazioni a terra e intermedie con scarsa influenza verso il largo. Durante l'anno 2004 i valori del DIN, limitatamente alle stazioni del centro costa sono stati i più bassi dell'intero triennio. Foce Ombrone e Fiume Morto,



invece hanno risentito delle abbondanti piogge cadute nei mesi autunnali ed invernali dell'ultimo anno che hanno riversato a mare il carico trofico proveniente dai due più grossi bacini idrografici della Toscana: Foce Arno e Foce Ombrone.

#### 4.2 MONITORAGGIO PLANCTON (GIUGNO 2001 - DICEMBRE 2004)

Dal giugno 2001 al dicembre 2004 sono state effettuate le seguenti campagne ed i seguenti campioni di plancton:

- Totale campagne effettuate: 86
- Totale campioni fitoplancton analizzati: 516
- Totale campioni zooplancton analizzati: 516

##### 4.2.1 Fitoplancton

I valori delle medie mensili (ottenuti come medie geometriche dei dati) della concentrazione fitoplanctonica diminuiscono nel periodo invernale, raggiungendo i minimi nelle mesi di gennaio e dicembre, mentre aumentano nel periodo primaverile (marzo) e tardo primaverile, fino a raggiungere il picco massimo nel mese di giugno (90.100 cell/L). Lo stesso andamento è seguito dall'altro fitoplancton (concentrazione media massima 27.500 cell/L nel mese di giugno).

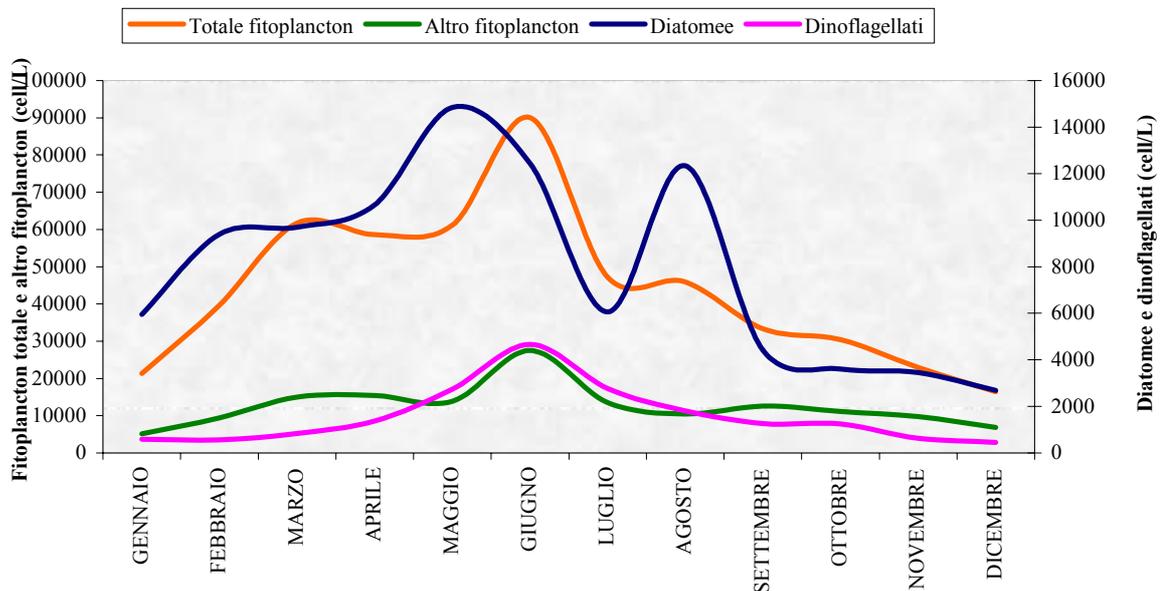


Figura 27 - Andamento delle medie geometriche mensili di densità fitoplanctonica 2001-2004

I valori medi dei dinoflagellati sono tali da raggiungere il massimo nel mese di giugno (4.600 cell/L). Per quanto riguarda le diatomee si può osservare che la fioritura di questi organismi avviene in primavera (aprile- maggio 15.000 cell/L) e successivamente tardo estate (agosto intorno a 12.000 cell/L).

Se confrontiamo i 3 anni e mezzo di attività notiamo che la densità fitoplanctonica è notevolmente diminuita: il 2001-2002 presenta, rispetto agli anni successivi, concentrazioni maggiori lungo tutta la costa ed in particolar modo a Fiume Morto (Figura 28).

Le alghe rispondendo in modo integrato, con la loro presenza o assenza e con le loro variazioni spazio-temporali di densità, al cambiamento di fattori ambientali, idrologici, idrochimici e biologici che avvengono nel sistema in cui esse si trovano, sono un parametro importante nella classificazione dello stato ecologico delle acque.

Le informazioni sullo stato ambientale fornite dal fitoplancton possono essere integrate e confermate dalla classificazione delle acque effettuata tramite l'indice trofico TRIX (Vollenweider, 1998, Giovanardi, 1999).

Infatti, in maniera del tutto analoga al comportamento del fitoplancton, anche l'indice trofico TRIX presenta nel periodo 2001- 2002 valori più alti rispetto agli altri trienni tanto da attribuire a Fiume Morto uno stato ambientale di tipo mediocre. (tabella 1).

In generale si nota una sostanziale differenza tra la zona a nord, con uno stato ambientale mediocre – buono, e il resto della del litorale toscano con un stato ambientale di tipo buono - elevato.

Tabella 13 - Valori medi dell'indice trofico, TRIX, per il periodo 2001-2004

	2001-2002		2002-2003		2003-2004		2004	
<b>Fiume Morto</b>	5,1	Mediocre	4,9	Buono	4,9	Buono	4,4	Buono
<b>Antignano</b>	3,6	Elevato	3,6	Elevato	3,4	Elevato	3,0	Elevato
<b>Marina di Castagneto</b>	3,7	Elevato	3,6	Elevato	3,5	Elevato	3,3	Elevato
<b>Carbonifera</b>	3,6	Elevato	3,6	Elevato	3,5	Elevato	3,3	Elevato
<b>Elba Nord</b>	3,5	Elevato	3,6	Elevato	3,2	Elevato	3,0	Elevato
<b>Foce Ombrone</b>	4,0	Buono	4,0	Buono	3,9	Elevato	3,9	Elevato

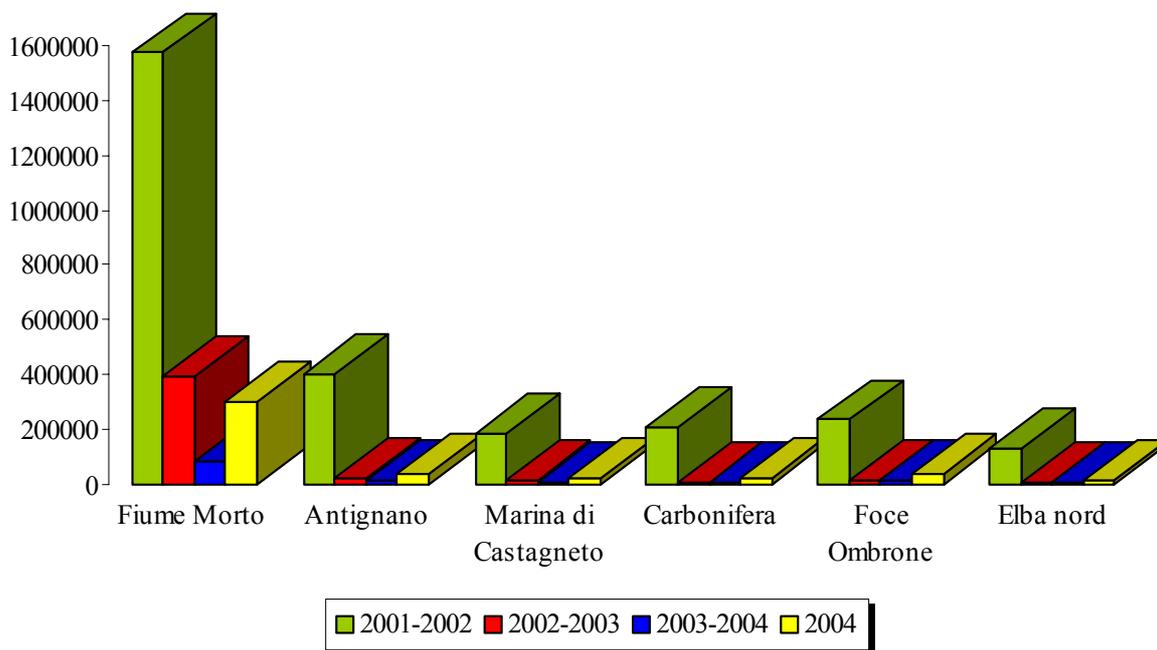
Se andiamo a osservare le singole componenti del fitoplancton noteremo che dal 2002, in concomitanza con la riduzione della densità fitoplanctonica totale, si assiste ad una diminuzione lungo tutta la costa toscana della componente *altro fitoplancton* (Figura 28).

Per quanto riguarda le diatomee i valori annuali medi ottenuti non indicano cambiamenti rilevanti tranne che per la stazione di Fiume Morto in cui si nota una notevole variabilità con punte massime nell'anno 2002- 2003 (dovute a fioriture di *Skeletonema sp.*, *Leptocylindrus sp.* e *Pseudo-nitzschia* del *Nitzschia delicatissima complex*) e minime nell'anno 2003-2004 (Figura 29 sopra).

I dinoflagellati sono distribuiti in modo più uniforme lungo la costa con concentrazioni maggiori nella stazione di Fiume Morto. Come è accaduto per le diatomee, anche in questo caso, la densità cellulare dei dinoflagellati è notevolmente diminuita nel 2003-2004 (Figura 29 sotto).



Densità Totale fitoplancton



Densità altro fitoplancton

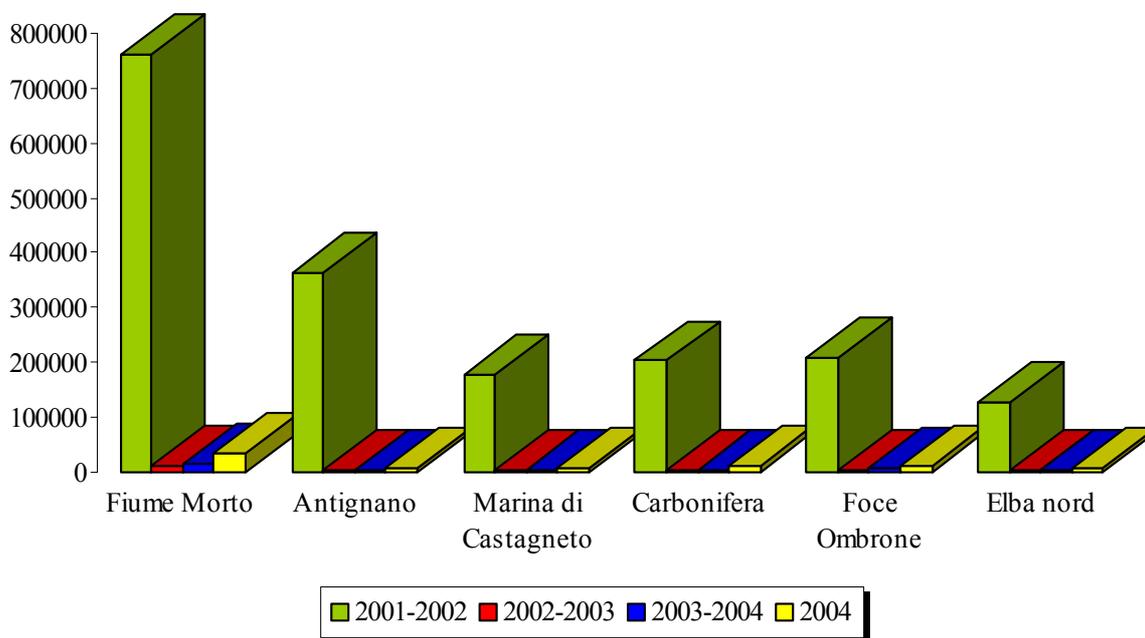
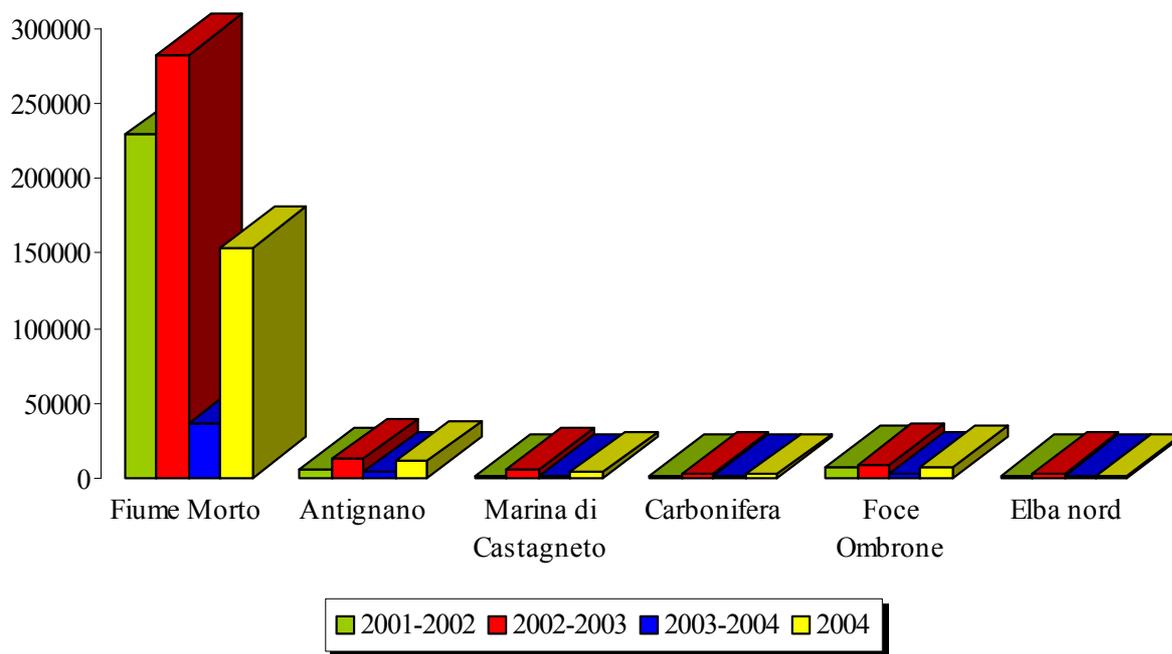


Figura 28 - Medie geometriche delle densità fitoplanctoniche lungo la costa toscana nel periodo 2001-2004: densità fitoplancton totale (sopra) ed altro fitoplancton (sotto)

**Densità diatomee**



**Densità dinoflagellati**

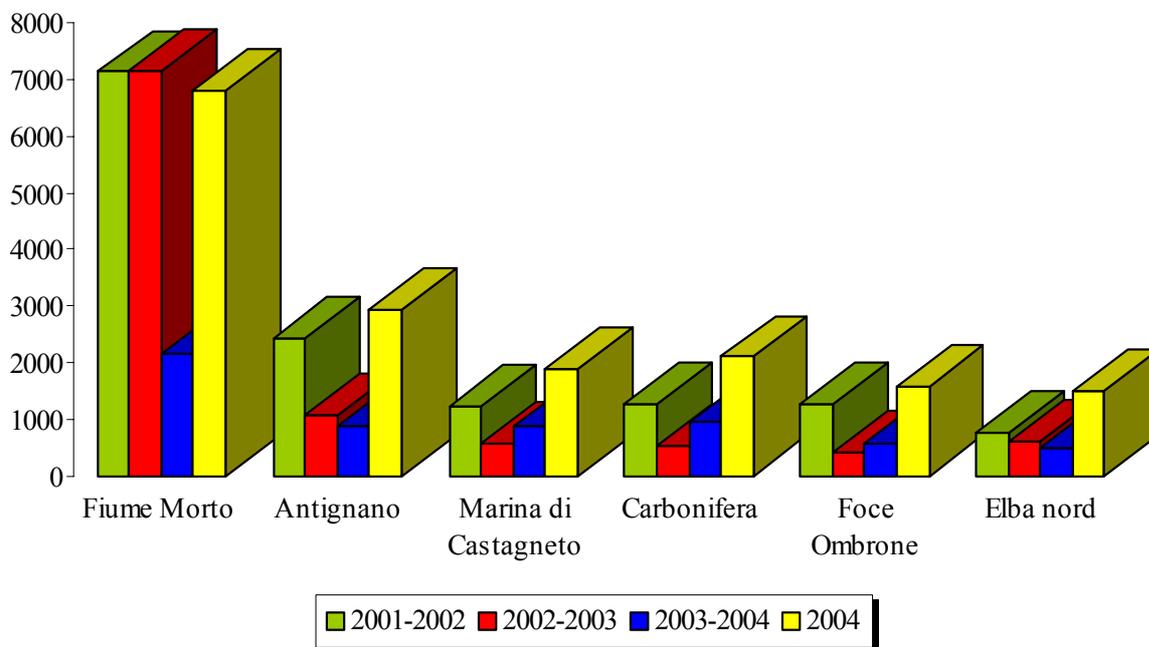


Figura 29 - Medie geometriche delle densità fitoplanctoniche lungo la costa toscana nel periodo 2001-2004: densità diatomee (sopra) e dinoflagellati (sotto)



### Fiume Morto

La stazione FM05, localizzata alla foce del Fiume Morto, Parco di San Rossore, è l'unica delle sei punti di prelievo ad avere una densità cellulare intorno a  $10^6$  /L (il valore più alto è di 19.854.113 cell/L del maggio 2004).

La componente principale del fitoplancton risulta essere costituita dalle diatomee la cui percentuale relativa è tra il 50 (2001-2002) e il 90 % (2002-2003). I dinoflagellati sono sempre intorno all'1% (Figura 30).

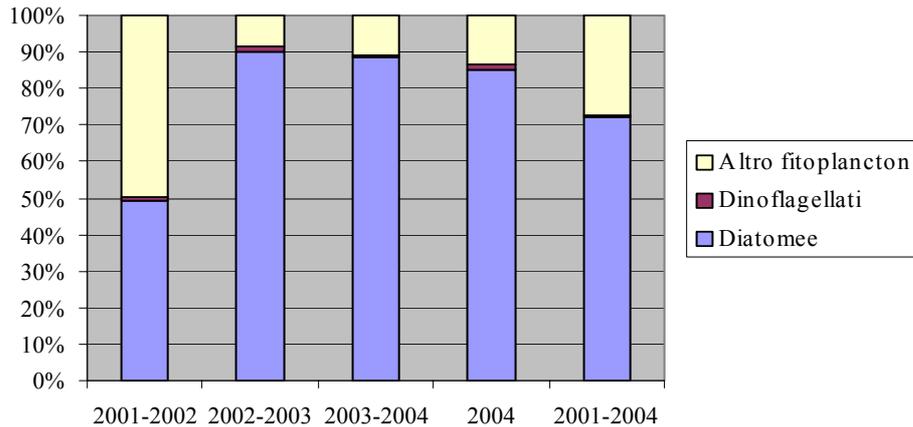


Figura 30 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: FIUME MORTO

Le specie più abbondanti per quanto riguarda le diatomee sono *Skeletonema menzelii* (supera i 10 .000.000 cell/L a febbraio del 2003), *Skeletonema costatum* (è presente praticamente durante tutto l'anno), *Leptocylindrus minimum* e *L. danicus*, *Chaetoceros spp.*, in particolare il *C. curvisetus* e il *C. socialis*. e *Pseudo-nitzschia* del *Nitzschia delicatissima complex*. In generale le centriche rappresentano l'87% del popolamento delle diatomee in questa stazione.

I dinoflagellati più frequenti e abbondanti sono *Scrippsiella trochoidea* (picco massimo a maggio del 2003 con 65.00 cell/L) *Heterocapsa psp.*, *Alexandrium spp.* e *Gymnodinium spp.*

L'altro fitoplancton è rappresentato soprattutto da altrofitoplancton con diametro inferiore ai 10µm, da Chlorophyceae (molti sono generi di acqua dolce come *Ankistrodesmus*, *Crucigenia*, *Scenedesmus*), Cryptophyceae, Coccolitoforidei e in particolar modo *Syracosphaera pulchra* (fra dicembre e gennaio 2003 supera i 10.000 cell/L) e dalla specie *Eutreptia lanowii* (picco massimi a marzo del 2004 con 3.796.636 cell/L).

### Antignano

La stazione AT01, Antignano (a sud di Livorno), è caratterizzata dall'aumento della diatomee rispetto all'intero popolamento fitoplanctonico, passando dal 11% del 2001-2002 al 96% del 2003-2004, con conseguente riduzione della componente *altro fitoplancton*.

Negli ultimi mesi del 2004 (da giugno a dicembre) la percentuale delle diatomee è ancora piuttosto alta intorno all'80%.

Interessante è anche in comportamento dei dinoflagellati che in ben due occasione raggiungono percentuali al di sopra del 10% (12% nel 2002-2003 e 21% nel 2004) (Figura 31).

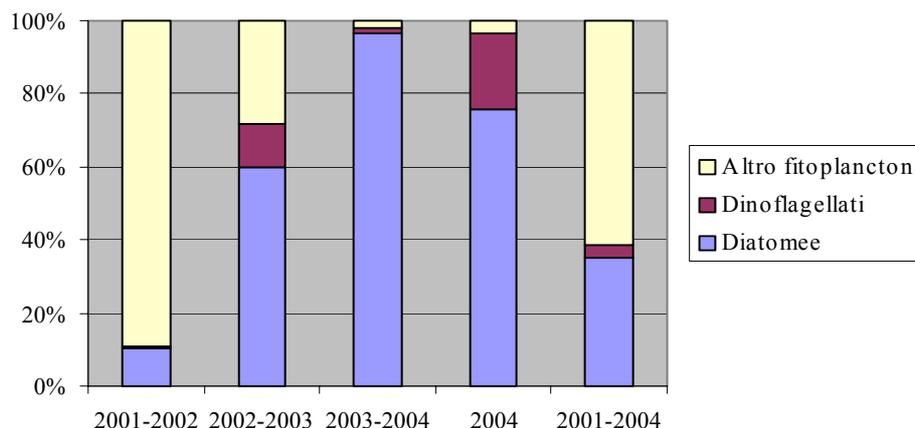


Figura 31 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: ANTIGNANO

Le diatomee più frequenti e abbondanti sono: *Chaetoceros tortissimus* (massimo valore registrato 1.032.296 cell/L nel maggio 2004) *Leptocylindrus danicus* e *L. minimum* (962.963 cell/L nel luglio 2004), *Skeletonema menzelii* (482.302 a maggio e 598.765 cell/L a luglio 2004) e *Skeletonema costatum*, presente soprattutto nei mesi primaverili con la concentrazione massima in maggio 2004 (593.910 cell/L). Le centriche rappresentano il 97% dell'intero popolamento delle diatomee.

Per quanto riguarda i dinoflagellati i taxa più abbondanti sono *Heterocapsa minima* (picco massimo a giugno 2004 di 486.288 cell/L) *Alexandrium spp* (18.800 cell/L a maggio 2004), e *Prorocentrum micans* (11.600 cell/L maggio 2003).

L'altro fitoplancton è caratterizzato soprattutto da Cryptophyceae e colonie di cianobatteri che nella tarda estate- inizio autunno assumano valori intorno a 5.000 cell/L; altri taxa molto comuni sono *Hillea fusiformis* e *Tetraselmis spp.* (i valori più alti, intorno a 3.000 cell/L si hanno per entrambi i taxa a settembre 2004).

Le comunità fitoplanctoniche che troviamo a sud di Antignano sono caratterizzate da una più bassa densità che non supera mai il milione di cellule su litro: unica eccezione è la foce del fiume Ombrone che nel 2004 ha superato il  $10^6$  cell/L per due volte: febbraio, 1.769.556 cell/L, e settembre, 1.351.814 cell/L.

### Marina di Castagneto

La stazione CS05, Marina di Castagneto, presenta un'alta percentuale di diatomee nel 2002-2003, 78%, e di dinoflagellati, 23%, nell'anno successivo; l'altro fitoplancton costituisce invece, la componente principale nell'anno 2001-2002 e nei negli ultimi mesi dell'anno 2004 (Figura 32).

Le diatomee più abbondanti sono: *Leptocylindrus danicus*, *L. minimum* (valori massimi rispettivamente 17.280 cell/L nel giugno 2002 e 27.360 cell/L nel aprile 2003) *Chaetoceros tortissimus*, *C. socialis*, e *Pseudo-nitzschia* del *Nitzschia delicatissima complex*.

Inoltre, sono presenti durante tutto l'anno, senza mai assumere valori di particolare rilievo *Cylindrotheca closterium* e *Navicula psp*. In generale le centriche rappresentano il 71% del popolamento delle diatomee.



Fra i dinoflagellati più frequenti e abbondanti ricordiamo *Alexandrium spp.*, che raggiunge il valore più alto nel luglio 2004 con 4.560 cell/L e *Ceratium furca* con 3.720 nel maggio 2003.

Sono molto abbondanti in questa stazione i piccoli flagellati (diametro inferiore ai 10 µm) soprattutto nel periodo di tarda primavera e sono presenti durante tutto l'anno sia i Coccolitoforidei, sia le Cryptophyceae.

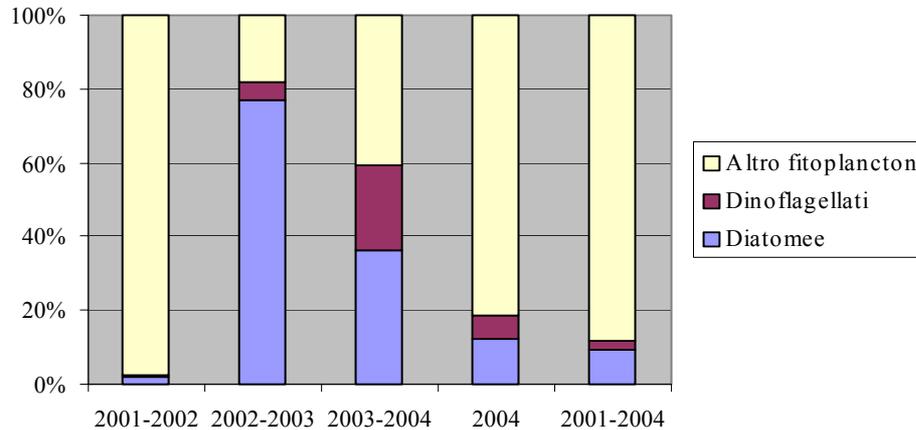


Figura 32 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: MARINA DI CASTAGNETO

**Carbonifera**

La stazione CR05, localizzata nel Golfo di Follonica, presenta una composizione fitoplanctonica particolare: il primo anno di monitoraggio la componente maggiore era rappresentata dall'altrofitoplancton, componente che si ridotta a seguito dell'aumento sia dei dinoflagellati, che comunque non superano mai il 19% sia delle diatomee che arrivano ad essere , nel 2003-2004 il 50% dell'intero popolamento. (Figura 33).

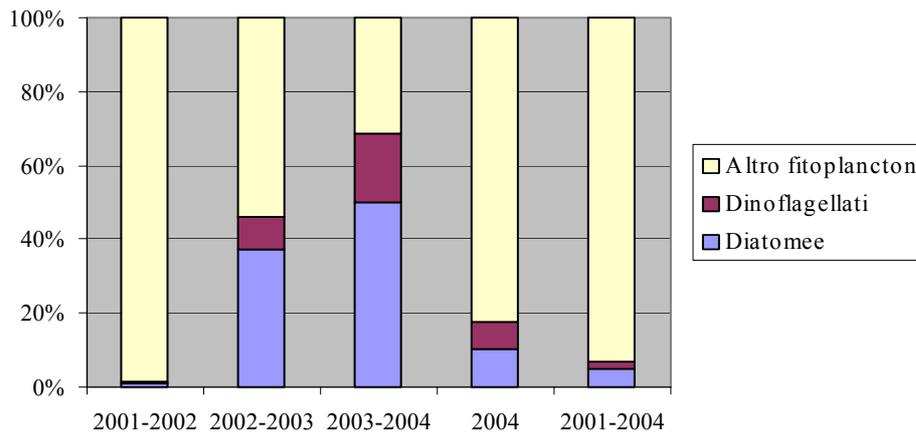


Figura 33 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: CARBONIFERA

Le diatomee che raggiungono i valori massimi sono *Pseudo-nitzschia* del *Nitzschia delicatissima complex* (15.160 cell/L nel giugno del 2004) e *Chaetoceros tortissimus* (14.000 cell/L nel luglio 2004). In questa stazione le diatomee pennate raggiungono il 38%.

I dinoflagellati più abbondanti sono *Heterocapsa minima* (5.440 cell/L luglio 2004) e *Scrippsiella trochoidea* (4.600 cell/L a luglio 2004).

Come a Marina di Castagneto, anche qui i piccoli flagellati (diametro inferiore ai 10 μm) sono molto frequenti soprattutto nel periodo di tarda primavera. Sono presenti durante tutto l'anno sia i Coccolitoforidei, sia le Cryptophyceae.

### Foce Ombrone

La stazione FO05, situata di fronte alla foce del Fiume Ombrone, ha una percentuale di altro fitoplancton sempre maggiore del 50% tranne che per l'annualità 2002-2003 caratterizzata da un forte incremento delle diatomee (87%). I dinoflagellati non superano mai il 2% del totale (Figura 34).

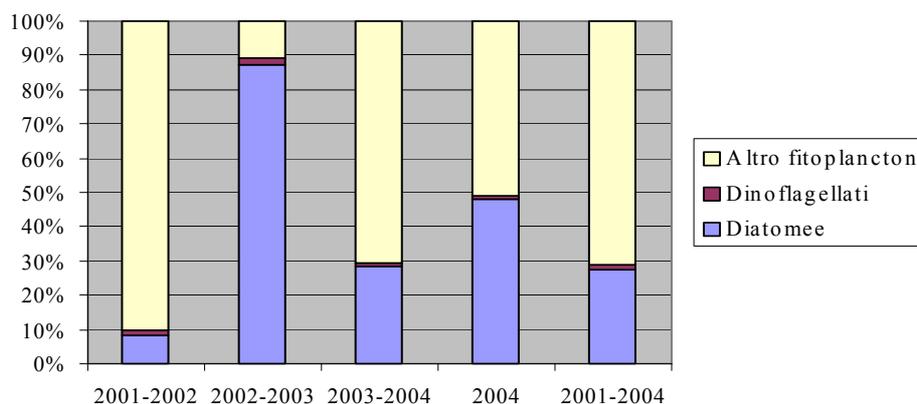


Figura 34 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: FOCE OMBRONE

Per quanto riguarda i taxa presenti in questa stazione i più abbondanti sono *Leptocylindrus minimum*, con il valore massimo di 1.044.324 cell/L nel maggio 2004, e *Cylindrotheca closterium*, con 213.249 cell/L nell'aprile del 2003.

I dinoflagellati sono rappresentati da *Gymnodinium spp.* e *Alexandrium spp.* che non superano le 3.000 cell/L e sono presenti durante l'anno soprattutto nel periodo estivo.

L'altro fitoplancton supera i valori di  $10^6$  solo nel 2004: si tratta di colonie di Cianobatteri (1.291.454 colonie/L a settembre 2004), e Chlorophyceae (4.78.316 cell/L a febbraio 2004); abbondanti sono anche *Monoraphidium contortum* (637.755 cell/L a febbraio 2004), e i piccoli fitoflagellati (648.384 cell/L a febbraio 2004).

### Elba Nord

Il fitoplancton della stazione EB01, localizzata a largo di Portoferraio, Isola d'Elba, in questi 3 anni e mezzo ha variato la sua composizione in maniera del tutto analoga a quello della stazione di Marina di Castagneto (Figura 35), con un incremento delle diatomee nell'anno 2002-2003 (60%) e dei dinoflagellati nell'anno successivo (13%).

Le specie delle diatomee più abbondanti sono *Asterionellopsis glacialis*, presente però quasi esclusivamente nella primavera 2002 (valore massimo 12.520 cell/L in marzo 2002) *Leptocylindrus minimum* (valore massimo 16.000 cell/L nel marzo 2003) *Pseudo-nitzschia* del *Nitzschia delicatissima* complex (12.880 cell/L nel marzo del 2003) e *Chaetoceros tortissimus* (11.760 cell/L nel aprile 2003). La percentuale delle pennate raggiunge in questa stazione in valore più alto (44%).



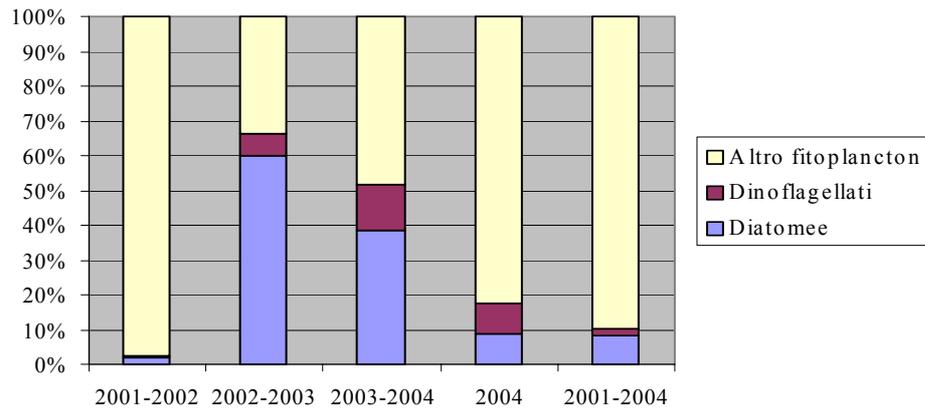


Figura 35 - Variazioni temporali della composizione del fitoplancton: ELBA NORD

I dinoflagellati hanno valori che non superano le 1.000 cell/L tranne che per *Heterocapsa minima* che nel mese di agosto 2004 arriva a 5.200 cell/L.

Per quanto riguarda il fitoplancton sono abbondanti le Chlorophyceae (55.555 cell/L a luglio 2004), i piccoli fitoflagellati e *Tetraselmis spp.* Molto frequenti anche se non molto abbondanti sono i coccolitoforidei rappresentati da varie specie come *Syracosphaera pulcra*, *S. mediterranea*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Rhabdosphaera sp.*, *Ophiaster sp.* *Michaelsarsia sp.* etc.

Nel mese di luglio 2004 sono stati rinvenute cellule di *Scenedesmus spp* (1.240 cell/L), *Ankistrodesmus spp.*(114.197 cell/L), *Closterium spp.* (80 cell/L) e Chlorophyceae, organismi tipicamente di acqua dolce.

Questo fatto, forse dovuto alla presenza di un canale di scolo di acque piovane, dovrà essere oggetto di indagini più approfondite nelle prossime campagne di monitoraggio: la stessa stazione è infatti interessata, sempre nel periodo estivo, anche da fatti anomali come la presenza di *Acartia margalefi*, un copepode tipicamente di acque di transizione e da picchi di nitrati e ammoniaca.

Tabella 14 - taxa del fitoplancton rinvenuti lungo la costa toscana nel periodo 2001-2004.

Lista specie	Fiume Morto	Antignano	Marina di Castagneto	Carbonifera	Foce Ombrone	Elba Nord
<i>Achnanthes sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiprora sp.</i>	+		+	+	+	+
<i>Amphora coffeaeformis</i>				+	+	
<i>Amphora sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Asterionella formosa</i>			+			
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Asterionellopsis sp.</i>						+
<i>Asteromphalus flabellatus</i>			+			+
<i>Asteromphalus heptactis</i>	+		+			+
<i>Asteromphalus sp.</i>	+					
<i>Attheya longicornis</i>	+			+		+
<i>Attheya sp.</i>	+					
<i>Bacillaria paxillifera</i>			+		+	
Bacillariales indet.	+	+	+	+	+	+
Bacillariineae indet.	+		+		+	
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	+	+	+		+	+
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>						+

<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bacteriastrum sp.</i>	+			+	+	+
<i>Bleakeleya notata</i>			+			
<i>Cerataulina dentata</i>	+	+	+	+		
<i>Cerataulina pelagica</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros aequatorialis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros affinis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros anastomosans</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	+	+		+		
<i>Chaetoceros brevis</i>	+	+	+			
<i>Chaetoceros coarctatus</i>			+			
<i>Chaetoceros compressus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros concavicornis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros constrictus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros dadayi</i>		+	+	+		+
<i>Chaetoceros danicus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros debilis</i>	+	+	+		+	+
<i>Chaetoceros decipiens</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros diadema</i>	+					
<i>Chaetoceros dydimus</i>	+		+	+	+	+
<i>Chaetoceros eibenii</i>	+					
<i>Chaetoceros holsaticus</i>		+		+	+	+
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Chaetoceros laevis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros lauderi</i>						+
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros minimus</i>				+		+
<i>Chaetoceros mitra</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	+				+	+
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>		+				
<i>Chaetoceros similis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros simplex</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros socialis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	+					+
<i>Chaetoceros teres</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	+	+	+	+	+	
<i>Chaetoceros throndsenii</i>	+					
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cocconeis scutellum</i>						+
<i>Cocconeis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	+					
<i>Coscinodiscus sp.</i>	+		+		+	
<i>Cyclotella litoralis</i>	+	+	+		+	+
<i>Cyclotella sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cymatosira sp.</i>	+		+			
<i>Cymbella sp.</i>		+	+	+	+	+
<i>Dactyliosolen antarcticus</i>	+	+		+	+	+
<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	+	+	+	+	+	+



<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Detonula pupila</i>	+	+				
<i>Diatoma elongatum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Diploneis cabro</i>	+			+		+
<i>Diploneis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ditylum brightwellii</i>	+	+	+		+	+
<i>Entomoneis alata</i>		+		+	+	+
<i>Epithemia sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Epithemia turgida</i>					+	+
<i>Eucampia cornuta</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria crotonensis</i>						+
<i>Fragilaria sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>				+	+	
<i>Fragilariopsis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema sp.</i>	+					
<i>Grammatophora sp.</i>			+	+	+	+
<i>Guinardia cylindrus</i>	+					
<i>Guinardia delicatula</i>	+	+			+	+
<i>Guinardia flaccida</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Guinardia striata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrosigma sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Haslea trompii</i>	+		+	+	+	+
<i>Haslea wawriake</i>	+			+	+	+
<i>Hemiaulus hauckii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Hemiaulus sinensis</i>	+	+	+		+	
<i>Lauderia annulata</i>	+			+	+	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	+	+	+			+
<i>Leptocylindrus minimus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Licmophora flabellata</i>		+	+	+		+
<i>Licmophora gracilis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Licmophora sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Lioloma pacificum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Lioloma sp.</i>	+					+
<i>Manguinea fusiformis</i>			+	+	+	+
<i>Mastogloia sp.</i>		+	+	+	+	
<i>Melosira sp</i>	+					
<i>Meuniera membranacea</i>			+		+	
<i>Navicula amphisbaena</i>			+			
<i>Navicula cryptocephala</i>				+		
<i>Navicula delicatula</i>		+	+			
<i>Navicula directa</i>	+		+	+	+	+
<i>Navicula distans</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula granii</i>				+		+
<i>Navicula sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula transitans</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula tuscula</i>	+					
<i>Navicula vanhoeffenii</i>	+	+	+	+	+	
<i>Nitzschia bicapitata</i>	+		+		+	+
<i>Nitzschia bilobata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia distans</i>			+	+		+
<i>Nitzschia longissima</i>	+	+	+	+	+	+

<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Nitzschia panduriformis</i>			+			
<i>Nitzschia praelonga</i>	+		+	+	+	+
<i>Nitzschia sicula</i>	+		+	+	+	
<i>Nitzschia sigma</i>			+	+		
<i>Nitzschia sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia spathulata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia subtilis</i>					+	
<i>Odontella aurita</i>	+	+	+		+	
<i>Odontella mobiliensis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Odontella sp.</i>		+				
<i>Oestrupia sp.</i>	+	+	+	+	+	
<i>Paralia sulcata</i>			+			
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				+		+
<i>Pinnularia sp.</i>	+	+		+	+	+
<i>Plagiotropis lepidoptera</i>				+	+	+
<i>Plagiotropis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurosigma directum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurosigma elongatum</i>			+	+		
<i>Pleurosigma normanii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurosigma sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Podocystis perrinensis</i>				+		+
<i>Podocystis spathulata</i>	+				+	+
<i>Proboscia alata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia seriata complex</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia heimii</i>	+					
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	+				+	
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>				+	+	
<i>Pseudo-nitzschia subpacifica</i>	+					
<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i>	+				+	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhabdonema adriaticum</i>		+	+	+		+
<i>Rhizosolenia castracanei</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia decipiens</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	+			+		
<i>Rhizosolenia hyalina</i>				+		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia robusta</i>				+		
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia sp.</i>	+	+	+	+	+	
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Skeletonema costatum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Skeletonema menzelii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Striatella sp.</i>		+	+			+
<i>Striatella unipunctata</i>		+	+	+		+
<i>Surirella sp.</i>	+				+	
<i>Synedra sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Tabellaria fenestrata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Tabellaria sp.</i>	+			+		



<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Thalassionema bacillare</i>		+	+	+		+
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassionema pseudonitzschioides</i>		+		+	+	+
<i>Thalassionema sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiosira rotula</i>	+					
<i>Thalassiosira sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix longissima</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix sp.</i>	+		+	+	+	
<i>Tropidoneis sp.</i>	+	+	+	+	+	
<i>Achradina pulchra</i>				+		+
<i>Achradina sp.</i>		+			+	
<i>Akashiwo sanguinea</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Alexandrium minutum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Alexandrium sp.</i>	+	+	+	+	+	
<i>Alexandrium tamarense</i>	+	+	+			
<i>Amphidinium acutissimum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Amphidinium acutum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Amphidinium carterae</i>	+		+			+
<i>Amphidinium crassum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Amphidinium sp.</i>	+	+	+			+
<i>Ceratium candelabrum</i>				+		+
<i>Ceratium carriense</i>		+	+			+
<i>Ceratium declinatum</i>			+			
<i>Ceratium furca</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium hexacanthum</i>			+		+	
<i>Ceratium horridum</i>			+		+	
<i>Ceratium inflatum</i>				+		+
<i>Ceratium lineatum</i>		+		+		+
<i>Ceratium macroceros</i>	+	+			+	
<i>Ceratium pentagonum</i>			+		+	+
<i>Ceratium pulchellum</i>			+	+		+
<i>Ceratium seta</i>		+				+
<i>Ceratium symmetricum</i>					+	
<i>Ceratium trichoceros</i>		+	+			+
<i>Ceratium tripos</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratocorys armata</i>		+				
<i>Cisti indet.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Cladopyxis sp.</i>				+	+	+
<i>Cochlodinium sp.</i>		+	+	+	+	+
<i>Cymbodinium elegans</i>						+
Dinophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis acuminata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis caudata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis ovum</i>	+	+		+		+
<i>Dinophysis rotundata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis sacculus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysis sp.</i>		+		+		
<i>Dinophysis sphaerica</i>						+
<i>Dinophysis tripos</i>				+		
<i>Diplopsalis group</i>	+	+	+	+	+	+

<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Diplopsalis sp.</i>		+				
<i>Glenodinium sp.</i>	+	+				
<i>Goniodoma polyedricum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Goniodoma sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Goniodoma sphaericum</i>	+				+	+
<i>Gonyaulax diegensis</i>	+	+	+	+		+
<i>Gonyaulax digitale</i>	+	+		+		+
<i>Gonyaulax fragilis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax gracilis</i>				+		
<i>Gonyaulax minima</i>	+	+	+			
<i>Gonyaulax monocantha</i>	+	+	+		+	+
<i>Gonyaulax polygramma</i>	+		+	+	+	
<i>Gonyaulax scrippsae</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax spinifera</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax verior</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium catenatum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium ostensfeldii</i>	+	+	+		+	+
<i>Gymnodinium pygmaeum</i>	+	+	+	+		+
<i>Gymnodinium rubrum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium simplex</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium sphaericum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium estuariale</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	+	+		+	+
<i>Gyrodinium nasutum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrodinium sp.</i>	+	+	+	+	+	
<i>Gyrodinium spirale</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium variabile</i>				+		
<i>Heterocapsa minima</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocapsa niei</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocapsa rotundata</i>	+	+		+	+	+
<i>Heterocapsa sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocapsa triquetra</i>		+	+	+	+	
<i>Kofooidinium velleloides</i>	+	+	+	+		+
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Mesoporos sp.</i>						+
<i>Noctiluca scintillans</i>		+	+			+
<i>Ornithocercus sp.</i>		+				
<i>Oxytoxum constrictum</i>			+			+
<i>Oxytoxum crassum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Oxytoxum globosum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Oxytoxum longiceps</i>	+	+		+		+
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	+			+		+
<i>Oxytoxum ovale</i>		+		+		+
<i>Oxytoxum scolopax</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Oxytoxum sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>	+				+	+
<i>Oxytoxum tessellatum</i>	+	+	+	+		+
<i>Oxytoxum variabile</i>		+		+		+
<i>Oxytoxum viride</i>		+	+	+		+
<i>Podolampas bipes</i>	+				+	+



<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Podolampas elegans</i>	+		+	+		
<i>Podolampas palmipes</i>	+					+
<i>Polykrikos sp.</i>					+	
<i>Preperidinium meunieri</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pronoclituca pelagica</i>		+		+		
<i>Pronoclituca sp.</i>	+	+		+	+	+
<i>Prorocentrum arcuatum</i>		+	+			
<i>Prorocentrum compressum</i>	+		+	+	+	+
<i>Prorocentrum dentatum</i>	+		+	+	+	+
<i>Prorocentrum emarginatum</i>						+
<i>Prorocentrum gracile</i>	+		+	+		+
<i>Prorocentrum lima</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum micans</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum rotundatum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum scutellum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum triestinum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoceratium reticulatum</i>				+	+	+
<i>Protoperidinium bipes</i>	+					
<i>Protoperidinium bispinum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium brevipes</i>		+	+			
<i>Protoperidinium brochii</i>	+	+	+	+	+	
<i>Protoperidinium conicum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium depressum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium diabulum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium divergens</i>			+	+	+	+
<i>Protoperidinium globulum</i>	+	+	+	+		
<i>Protoperidinium grande</i>	+	+	+	+	+	
<i>Protoperidinium granii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium leonis</i>	+	+		+		
<i>Protoperidinium minutum</i>	+	+	+	+		
<i>Protoperidinium oceanicum</i>	+	+		+	+	+
<i>Protoperidinium ovum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium pallidum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium pentagonum</i>		+				
<i>Protoperidinium pyriforme</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium sphaericum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium steinii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Protoperidinium subinermis</i>				+		
<i>Protoperidinium tuba</i>	+		+	+		+
<i>Pselodinium sp.</i>	+					
<i>Scrippsiella precaria</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Scrippsiella sp.</i>		+	+	+	+	+
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Spatulodinium pseudonoclituca</i>	+					
<i>Takayama pulchella</i>	+					
<i>Torodinium teredo</i>	+					
<i>Acanthoica quattrosperma</i>	+				+	+
<i>Acanthoica sp.</i>	+	+	+	+		+

<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Acanthosolenia mediterranea</i>					+	
<i>Actinomonas sp.</i>	+					+
Altro Fitoplancton indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Anabaena sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ankistrodesmus angustus</i>	+					+
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>		+	+		+	+
<i>Anoplosolenia sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Apedinella spinifera</i>				+		
<i>Brachiomonas sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Calciopappus caudatus</i>	+	+	+			
<i>Calciosolenia sp.</i>			+	+		+
<i>Calyptrolithina multipora</i>	+					
<i>Calyptrosphaera pirus</i>			+	+		
<i>Calyptrosphaera sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i>		+	+	+		+
Calyptrosphaeraceae indet.	+	+	+		+	+
<i>Carteria sp.</i>	+					
<i>Chlamydomonas sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chlorella sp.</i>	+	+		+		+
Chlorophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Chodatella sp.</i>					+	
<i>Chroomonas sp.</i>				+		+
<i>Chrysochromulina alifera</i>	+		+			
<i>Chrysochromulina hirta</i>	+					
<i>Chrysochromulina parkeae</i>						+
<i>Chrysochromulina polylepis</i>	+	+	+	+		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	+	+	+	+	+	+
Chrysophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Closterium kuetzingii</i>	+		+	+	+	+
<i>Closterium sp.</i>				+		+
Coccolitoforidi indet.	+	+	+	+	+	+
Colonie di Cyanophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Coronosphaera mediterranea</i>					+	
<i>Corymbellus aureus</i>	+					
<i>Crucigenia sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Crucigenia tetrapedia</i>					+	+
Cryptophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	+		+			+
<i>Dictyocha crux</i>	+		+		+	+
<i>Dictyocha fibula</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyocha sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyocha speculum</i>	+	+	+	+		+
<i>Dictyocha staurodon</i>	+	+	+	+		+
Dictyochophyceae indet.	+	+	+	+	+	+
<i>Dunaliella sp.</i>		+	+			
<i>Dunaliella tertiolecta</i>		+				
<i>Dinobryon coalescens</i>					+	
<i>Dinobryon divergens</i>	+					
<i>Dinobryon porrectum</i>	+					
<i>Dinobryon sp.</i>	+					
<i>Ebria tripartita</i>	+	+		+		
<i>Euglena acusformis</i>	+	+	+	+	+	+



<i>Lista specie</i>	<b>Fiume Morto</b>	<b>Antignano</b>	<b>Marina di Castagneto</b>	<b>Carbonifera</b>	<b>Foce Ombrone</b>	<b>Elba Nord</b>
<i>Euglena sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Euglena viridis</i>	+			+		+
<i>Euglenales indet.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Eutreptia lanowii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Eutreptia sp.</i>	+		+	+		+
<i>Eutreptiella marina</i>		+	+			+
<i>Eutreptiella sp.</i>	+	+	+		+	+
<i>Halopappaceae indet.</i>	+					
<i>Halopappus sp.</i>			+			+
<i>Halosphaera sp.</i>	+	+		+	+	
<i>Heterosigma sp.</i>			+	+		+
<i>Hillea fusiformis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Homozygosphaera sp.</i>	+	+	+		+	
<i>Isoselmis sp.</i>						+
<i>Meringosphaera mediterranea</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Meringosphaera radians</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Meringosphaera sp.</i>		+				
<i>Meringosphaera tenerrima</i>	+	+		+		
<i>Merismopedia sp.</i>		+			+	
<i>Michaelsarsia elegans</i>					+	
<i>Michaelsarsia sp.</i>	+					+
<i>Microcystis sp.</i>					+	
<i>Monoraphidium contortum</i>	+		+		+	
<i>Monoraphidium sp.</i>	+	+		+	+	
<i>Nefroselmis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ochromonas sp.</i>	+	+		+	+	+
<i>Octactis octonaria</i>	+	+	+	+		+
<i>Oltmannsia sp.</i>						+
<i>Oltmannsiella sp.</i>				+		+
<i>Ophiaster hydroideus</i>			+	+		+
<i>Ophiaster sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Oscillatoria sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pachysphaera marshalliae</i>	+	+	+	+		+
<i>Pachysphaera pelagica</i>	+					
<i>Pachysphaera sp.</i>	+			+	+	+
<i>Pediastrum sp.</i>	+			+	+	
<i>Phaeocystis sp.</i>		+				+
<i>Plagioselmis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pontosphaera sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pontosphaeraceae indet.</i>		+		+		
<i>Prasinophyceae indet.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prymnesiophyceae indet.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Prymnesium parvum</i>	+					
<i>Prymnesium sp.</i>	+	+	+			
<i>Pseudoanabaena sp.</i>		+			+	+
<i>Pseudopedinella pyriforme</i>	+	+	+	+		+
<i>Pseudoscourfieldia sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pyramichlamys sp.</i>	+				+	+
<i>Pyramimonas adriatica</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pyramimonas grosii</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pyramimonas orientalis</i>	+		+	+	+	+
<i>Pyramimonas sp.</i>	+					
<i>Raphidophyceae indet.</i>	+	+	+	+		

<i>Lista specie</i>	Fiume Morto	Antignano	Marina di Castagneto	Carbonifera	Foce Ombrone	Elba Nord
<i>Rhabdosphaera claviger</i>		+	+	+	+	+
<i>Rhabdosphaera sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhabdosphaera stylifer</i>						+
<i>Rhabdosphaera tignifer</i>				+	+	+
<i>Rhodomonas sp.</i>				+		
<i>Scenedesmus sp.</i>	+		+	+	+	+
<i>Scyphosphaera apsteinii</i>			+			+
<i>Spirulina sp.</i>	+	+	+		+	
<i>Syracolithus sp.</i>						+
<i>Syracosphaera mediterranea</i>				+	+	+
<i>Syracosphaera pulchra</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Syracosphaera sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Telonema subtilis</i>				+		+
<i>Tetraedron sp.</i>				+	+	
<i>Tetraselmis adriatica</i>	+				+	
<i>Tetraselmis gracilis</i>	+	+		+	+	+
<i>Tetraselmis sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Tetraselmis wettsteinii</i>	+	+	+		+	

### **Osservazioni generali**

Nelle acque della fascia costiera toscana (fino a 500m da riva) la densità cellulare può variare nel corso dell'anno da  $10^3$  a  $10^5$  cell/L, a seconda della stagione e della disponibilità trofica del sistema. Nelle stazioni vicine -le foci dei fiumi o, comunque, influenzate d-la loro presenza (fiume Morto, Antignano, foce Ombrone) si hanno concentrazioni più elevate ( $10^5$ - $10^6$  cell/L) e nella tarda primavera si possono avere fioriture di alta densità (fino a  $10^7$  cell/L),.

La distribuzione spazio temporale della comunità fitoplanctonica costiera evidenzia, in tutti i punti esaminati, che le alte concentrazioni sono dovute essenzialmente alla presenza di fitoflagellati (da soli od insieme alle diatomee) e raggiungono il massimo nella tarda primavera – inizio estate, probabilmente a seguito della concomitanza di condizioni favorevoli per temperatura, e, soprattutto, irraggiamento solare. Le diatomee sono più abbondanti in aprile al maggio, in relazione ad una maggior disponibilità di nutrienti, mentre i dinoflagellati, sempre piuttosto scarsi, raggiungono il massimo nel periodo estivo.

L'alta densità fitoplanctonica, registrata anche negli anni precedenti, nel tratto settentrionale (Fiume Morto) potrebbe essere dovuta all'apporto di nutrienti provenienti dal fiume Arno, le cui acque risalgono verso nord per effetto delle correnti superficiali che lambiscono le coste toscane. A partire dall'area livornese e, più precisamente, dalla stazione di Antignano, il fitoplancton comincia a decrescere più o meno bruscamente procedendo verso sud, dove l'*altro fitoplancton* si sostituisce alle diatomee. Questa diversa composizione della comunità fitoplanctonica può essere, quindi, imputata ad un maggior apporto di sostanze organiche di provenienza fluviale e a fenomeni di turbolenza che avvantaggiano le forme più voluminose del fitoplancton come appunto le diatomee. La stessa abbondanza nella stazione di Fiume Morto di *Skeletonema costatum.*, una specie che sfrutta, a svantaggio di altre, il surplus di nutritivo di provenienza fluviale, sembra avallare questa ipotesi

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale della densità fitoplanctonica, il litorale toscano appare diviso nettamente in due zone, una nord e una a sud di Livorno.



Questo stesso trend, imputabile, quindi, alle diverse caratteristiche idromorfologiche e pressioni antropiche, viene confermato anche dai dati relativi all'indice trofico TRIX che attribuisce uno stato ambientale di tipo mediocre- buono a Fiume Morto e generalmente buono - elevato al resto del litorale.

#### 4.2.2 Mesozooplancton (giugno 2001 - dicembre 2004)

Per quanto riguarda i dati medi riferiti ai gruppi Copepodi, Cladoceri, Altro Zooplancton, si può fare riferimento alla Figura 11, Figura 12 e Figura 13. Le caratteristiche costanti evidenziabili dagli andamenti dei gruppi suddetti sono le seguenti:

Cladoceri: sono abbondanti nel periodo estivo divenendo predominanti anche sui Copepodi, tendono a scomparire con il raffreddamento delle acque, praticamente in tutte le stazioni. La stazione di Carbonifera si comporta in maniera sensibilmente differente, visto che si è registrato un solo picco in cui i Cladoceri sono stati predominanti sui Copepodi, nell'agosto 2004.

Copepodi: presso tutte le stazioni, i Copepodi presentano un aumento deciso nelle abbondanze a partire dal mese di febbraio fino al mese di giugno, con valori medi che possono arrivare a sfiorare i 5000 ind/m<sup>3</sup>. Nel restante periodo dell'anno, i valori medi oscillano intorno ai 1000 ind/m<sup>3</sup>.

Altro Zooplancton: le osservazioni riportate in precedenza relative al periodo giugno 2003- dicembre 2004, possono essere estese a tutto il periodo, vale a dire giugno 2001 - dicembre 2004.

Tabella 15 - Valori percentuali dei generi di Copepodi principali registrati nelle singole stazioni e valore medio

Taxa*	Fiume Morto	Antignano	Castagneto	Carbonifera	Elba Nord	Foce Ombrone	Valore Medio
<i>Paracalanus spp. (adulti)</i>	8,2	8,3	11,3	11,3	9,0	10,4	10,0
<i>Acartia spp. (adulti)</i>	4,9	3,7	3,8	5,8	3,7	1,8	4,2
<i>Acartia spp.</i>	28,8	18,0	12,2	21,8	9,2	5,9	17,1
<i>Centropages spp.</i>	8,4	6,5	5,7	4,6	1,6	6,0	5,5
<i>Clausocalanus spp. (adulti)</i>	1,6	3,5	3,0	1,5	3,8	2,5	2,5
<i>Temora stylifera</i>	2,2	2,3	3,9	3,1	3,5	8,8	3,8
<i>Isias clavipes</i>	2,8	1,8	3,3	3,0	0,4	0,9	2,3
<i>Calocalanus spp.</i>	0,6	1,4	1,5	0,9	2,8	2,2	1,4
<i>Copepoditi Clauso- e Paracalanus</i>	28,5	31,2	36,4	35,9	42,5	39,9	35,3
<i>Euterpina acutifrons</i>	2,0	1,5	2,7	1,5	1,8	3,3	2,0
<i>Oithona spp.</i>	13,6	18,9	15,4	12,9	19,7	15,6	15,5
<i>Oncaea spp.</i>	0,5	1,5	1,1	0,9	1,3	1,1	1,1
<i>Corycaeus spp.</i>	0,5	0,9	1,2	0,9	1,5	1,3	1,0
<i>Farranula spp.</i>	0,2	0,9	0,5	0,6	1,2	0,6	0,6

\* Dove non indicato, il dato comprende sia gli adulti che i copepoditi. I copepoditi dei generi Clausocalanus e Paracalanus sono stati considerati come unico taxon.

Dopo il primo anno di monitoraggio, in cui erano richiesti solamente i dati relativi a Copepodi, Cladoceri e Altro Zooplancton, e durante il quale è stata compiuto il percorso formativo per gli operatori tecnici che si sarebbero occupati delle analisi di questa matrice, a partire dal giugno 2002 sono disponibili dati riferiti ai generi (e in diversi casi anche alle specie)

di Copepodi e Cladoceri: verranno sotto esposte delle elaborazioni di dati relativi al gruppo dei Copepodi, di gran lunga il più interessante. Di seguito viene riportata una tabella relativa ai valori percentuali dei vari generi, calcolati nel periodo giugno 2002 - dicembre 2004.

Come si può osservare in Tabella 15, i generi più abbondanti sono *Paracalanus*, *Acartia* e *Oithona spp.*; per questi tre generi non si notano grosse variazioni tra le percentuali calcolate sulle singole stazioni, tranne per il genere *Acartia*, la cui percentuale risulta sensibilmente più bassa presso la stazione di Foce Ombrone (la più meridionale delle stazioni toscane) e presso la stazione insulare di riferimento Elba Nord. Per quanto riguarda gli altri generi, presso la stazione di Elba Nord, *Centropages* risulta scarso, rispetto alle altre stazioni. La percentuale di *Temora stylifera* (unica specie del genere *Temora* reperita nelle acque toscane) risulta più alta presso la stazione di Foce Ombrone, presentando un valore pressoché doppio rispetto a quello delle altre stazioni. *Isias clavipes* (*Isias* è genere monospecifico) è meno sensibilmente abbondante presso le stazioni di Foce Ombrone e Elba Nord. Ultima considerazione di tipo generale, *Farranula* sembra essere sensibilmente più abbondante presso la stazione di Elba Nord.

E' stato possibile, grazie alla formazione obbligatoria, l'approfondimento dell'aspetto sistematico a livello di specie per la maggior parte dei generi dell'ordine Calanoida. In particolare, i generi *Paracalanus*, *Acartia*, *Centropages*, *Clausocalanus*, nonché i generi monospecifici (ovviamente). Grazie a ciò, si sono potute descrivere le dinamiche dell'abbondanza delle varie specie per ciascuna stazione nel periodo considerato. I dati presentati riguardanti le specie si riferiscono solamente agli individui adulti (non è possibile, per un lavoro routinario, identificare gli stadi giovanili a livello specifico).

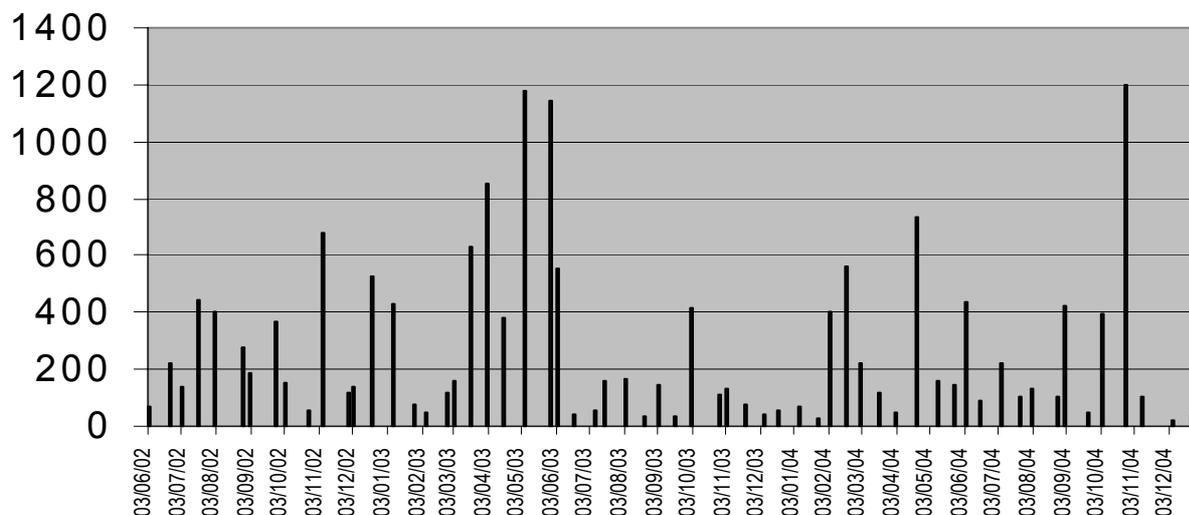


Figura 36 - Andamento dell'abbondanza di *Paracalanus parvus* (dati espressi in ind./m<sup>3</sup>)

Per il genere *Paracalanus* sono state trovate tre specie, *P. parvus* (di gran lunga la più frequente e abbondante), *P. nanus* e *P. denudatus* (sporadico, presente in ambito costiero nel periodo dell'anno con acque fredde). *P. parvus* è presente durante tutto l'anno in tutte le stazioni, con valori oscillanti; i picchi di abbondanza si riscontrano nei periodi febbraio-giugno e settembre-novembre. Come esempio, viene riportato in Figura 36 l'andamento per la stazione di Carbonifera, dove si è registrato il valore più alto, con circa 1200 ind/m<sup>3</sup> nel mese di ottobre 2004.



*P. nanus* risulta meno abbondante di *P. parvus*: sembra prediligere i mesi che vanno da novembre a giugno, almeno in alcune stazioni. In Figura 37 è riportato l'andamento per le stazioni di Foce Ombrone, Elba Nord e Castagneto. L'abbondanza più elevata è stata registrata presso la stazione dell'Elba nel mese di marzo 2004, con circa 400 ind./m<sup>3</sup>.

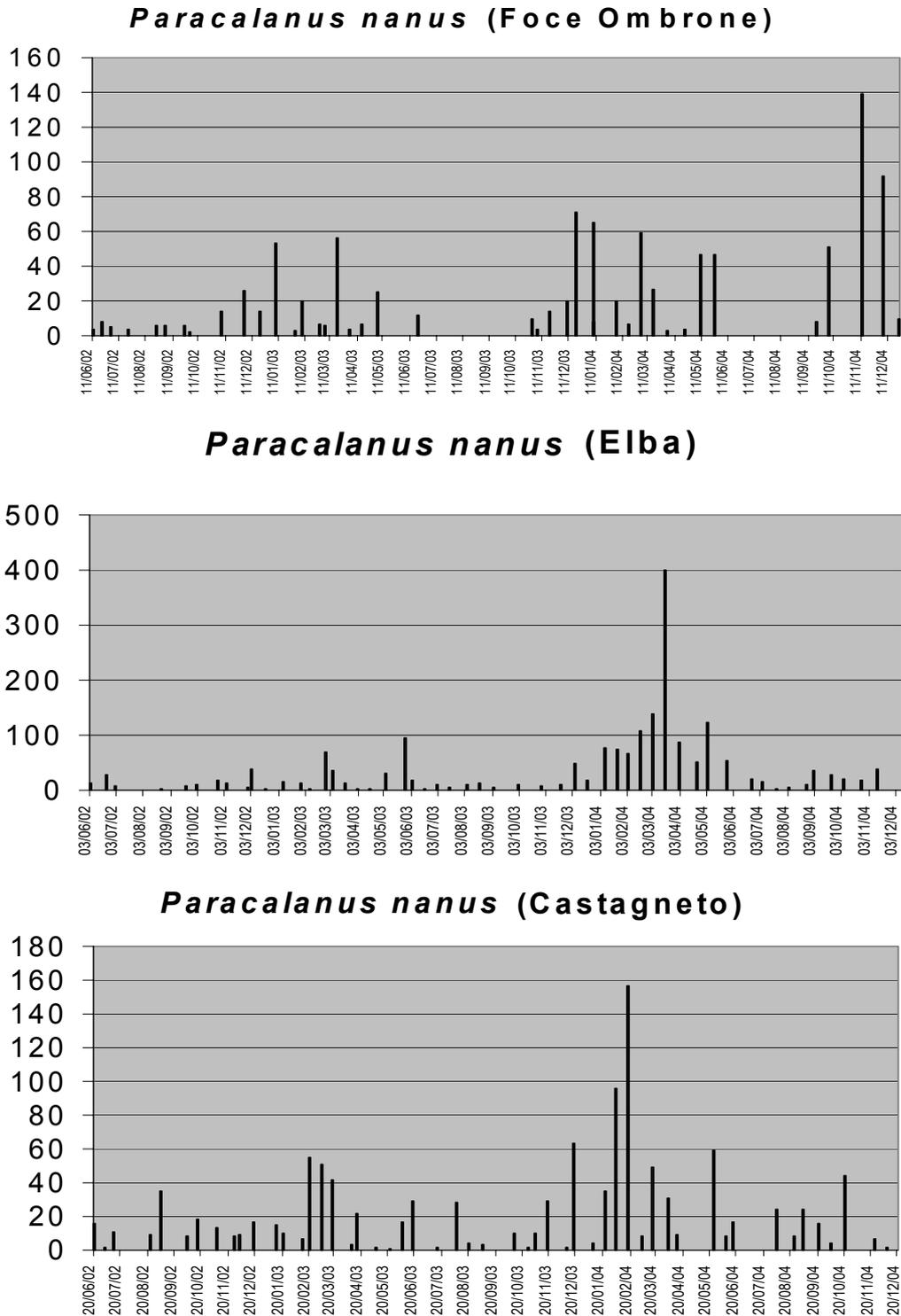
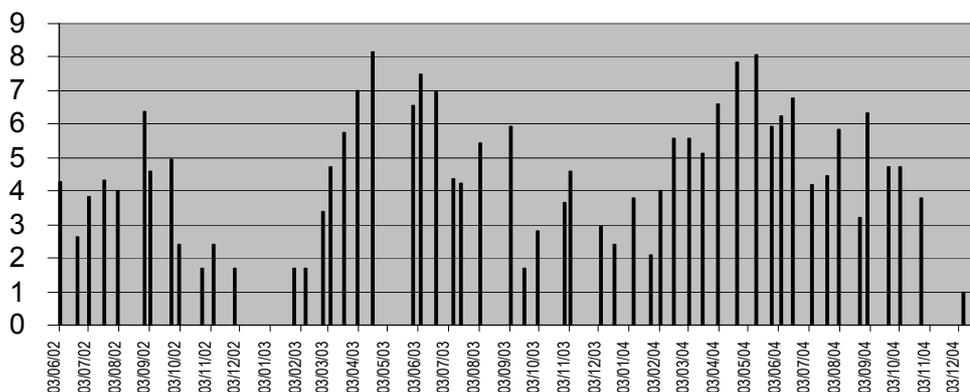


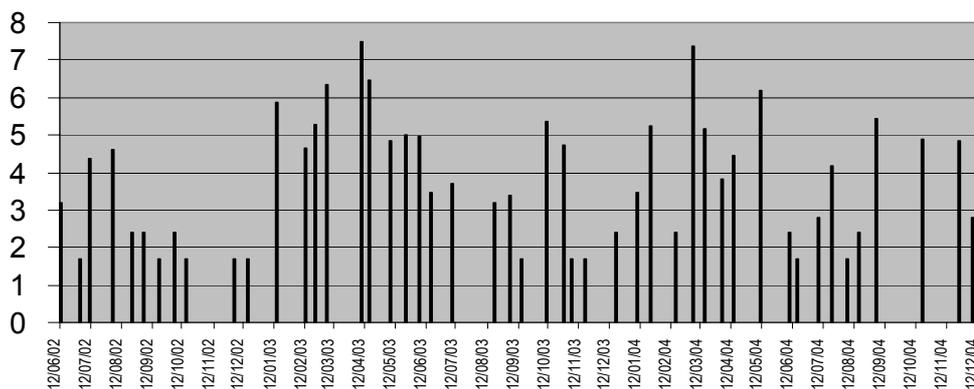
Figura 37 - Andamento dell'abbondanza di *Paracalanus nanus* (dati espressi in ind./m<sup>3</sup>)

*Acartia clausi* è la specie più frequente e abbondante del genere. Presenta un andamento stagionale, preferendo i mesi da febbraio a maggio; i picchi di abbondanza si registrano più frequentemente nei mesi aprile-maggio. In Figura 38 sono riportate le variazioni stagionali per le stazioni di Carbonifera (dove si è registrato il valore massimo di circa 1200 ind/m<sup>3</sup> nel mese di aprile 2004), Fiume Morto e Castagneto: in questo caso i dati sono espressi come logaritmi, per evitare l'eccessivo schiacciamento dei grafici dovuto ai picchi di abbondanza.

***Acartia clausi* (Carbonifera)**



***Acartia clausi* (Fiume Morto)**



***Acartia clausi* (Castagneto)**

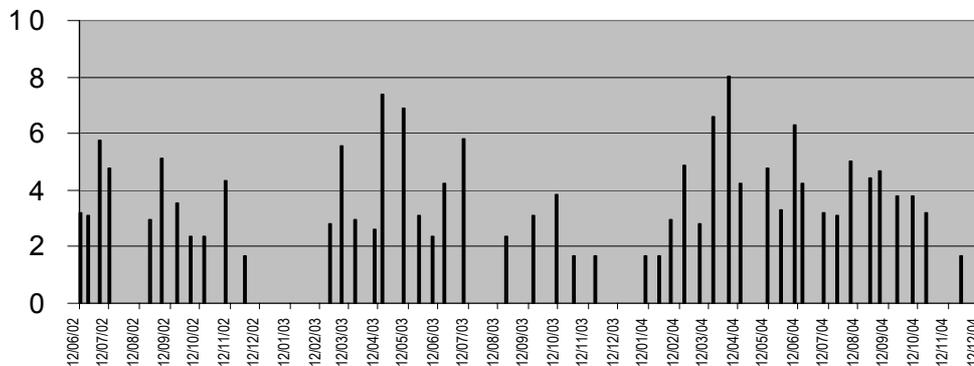


Figura 38 - Andamento dell'abbondanza di *Acartia clausi* (dati espressi in  $\ln(\text{ind./m}^3)$ )



Le altre specie di *Acartia* non sono risultate molto frequenti, anche se hanno presentato picchi di abbondanza importanti. Da rilevare come, nel periodo considerato (due anni e mezzo, da giugno 2002 a dicembre 2004), nelle due stazioni di Foce Ombrone e Elba Nord non sia mai stata ritrovata *A. discaudata* var. *mediterranea*, presente in tutte le altre stazioni, anche se in maniera non costante.

Le due stazioni per le quali è stato possibile disegnare un andamento, per la frequenza di ritrovamenti più elevata sono quelle di Antignano e Fiume Morto, cioè le stazioni più settentrionali (Figura 39).

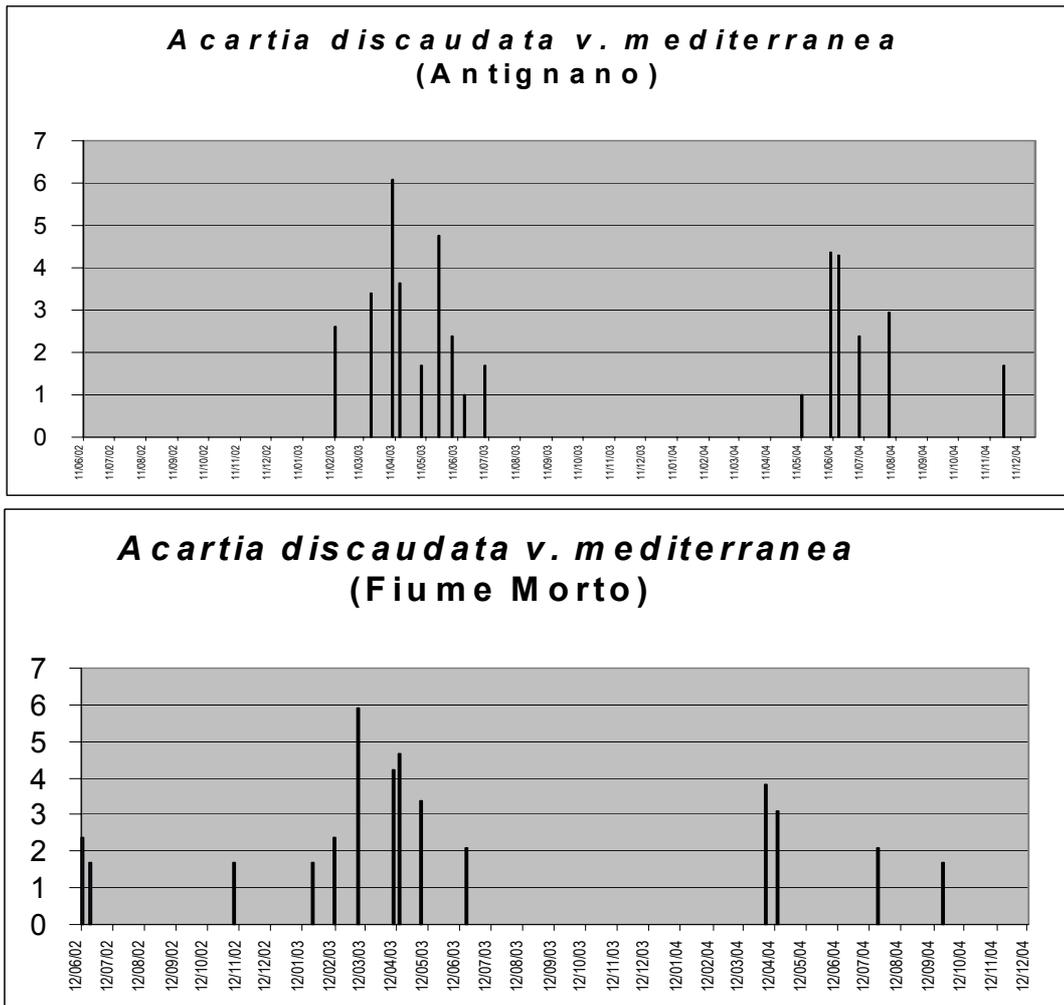


Figura 39 - Andamento dell'abbondanza di *Acartia discaudata* var. *mediterranea* (dati espressi in  $\ln(\text{ind./m}^3)$ )

Un discorso simile si può fare per *Pteriacartia josephinae*, ma stavolta la stazione con la maggior frequenza è Carbonifera, mentre non è mai stata ritrovata nei campioni di Fiume Morto, e tre sole volte con pochissimi esemplari nei campioni di Antignano (Figura 40). Il picco più significativo si è avuto nella stazione di Carbonifera nell'agosto 2002, con 276 ind/m<sup>3</sup>.

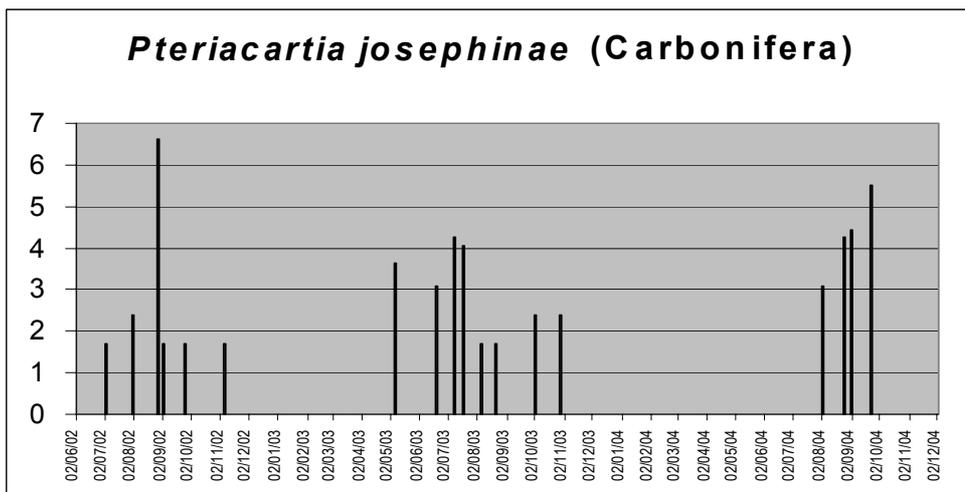


Figura 40 - Andamento dell'abbondanza di *Pteriacartia josephinae* (dati espressi in  $\ln(\text{ind./m}^3)$ )

Un'altra specie del genere *Acartia*, *A. margalefi*, ha avuto un comportamento degno di attenzione. *A. margalefi* è una specie descritta in letteratura come tipica di acque di transizione o comunque con preferenza per acque salmastre. Se si escludono alcuni rari ritrovamenti presso le stazioni di Carbonifera e Foce Ombrone, questa specie è risultata frequentemente presente presso la stazione di Elba Nord, specialmente nel periodo dell'anno con acque più calde. I dati in questo caso sono disponibili a partire dal settembre 2002 (Figura 41).

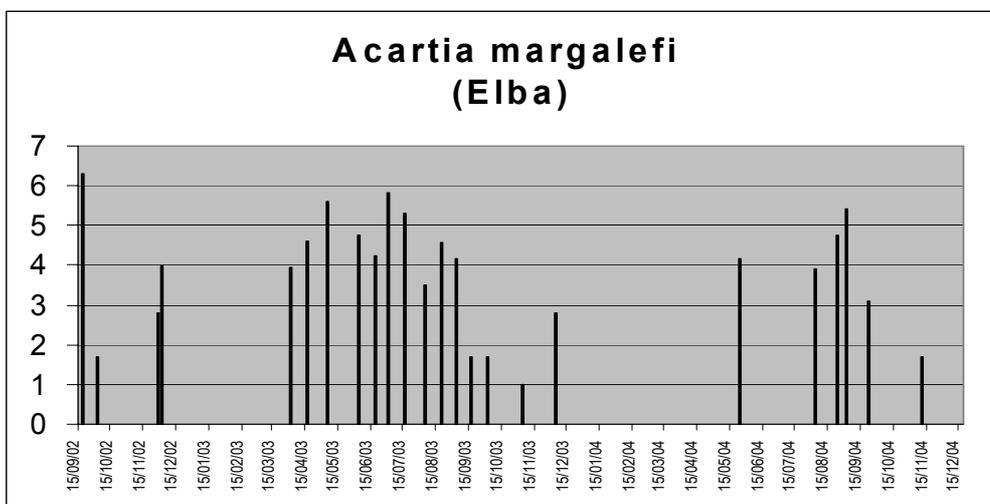


Figura 41 - Andamento dell'abbondanza di *Acartia margalefi* (dati espressi in  $\ln(\text{ind./m}^3)$ )

La stazione di Elba Nord è l'unica insulare, presso la quale non ci sono apporti di acque dolci dalla terraferma degni di nota, con salinità tipica di acque di mare durante tutto l'anno. Il valore più elevato è del settembre 2002, con circa  $200 \text{ ind./m}^3$ . La presenza di questa specie nella stazione suddetta meriterebbe un approfondimento.

Altra specie presente in tutte le stazioni con una certa frequenza (nel periodo freddo dell'anno) è *A. negligens*: in Figura 42 si riporta la variazione dell'abbondanza nella stazione di Carbonifera.



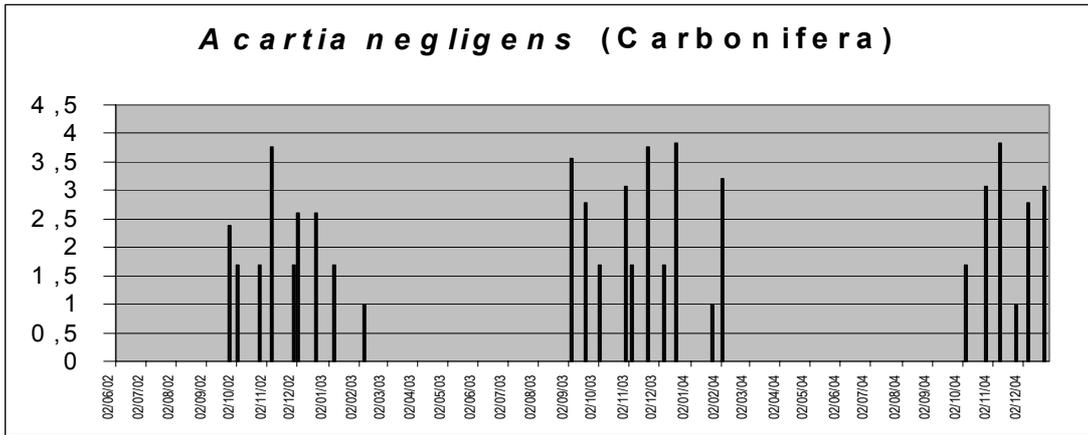


Figura 42 - Andamento dell'abbondanza di Acartia negligens (dati espressi in ln(ind./m<sup>3</sup>))

Per il genere *Centropages*, le specie ritrovate sono *C. typicus*, *C. ponticus*, *C. kroyeri* e *C. violaceus*. Le due specie più frequenti e abbondanti sono *C. typicus* e *C. ponticus*, mentre le altre due sono risultate estremamente sporadiche. *C. typicus* sembra prediligere il periodo novembre-giugno, nel quale raggiunge i picchi di abbondanza, mentre *C. ponticus* sembra prediligere il periodo praticamente complementare al precedente, vale a dire aprile-ottobre, con acque più calde. In Figura 43 sono riportate le variazioni annuali presso la stazione di Carbonifera.

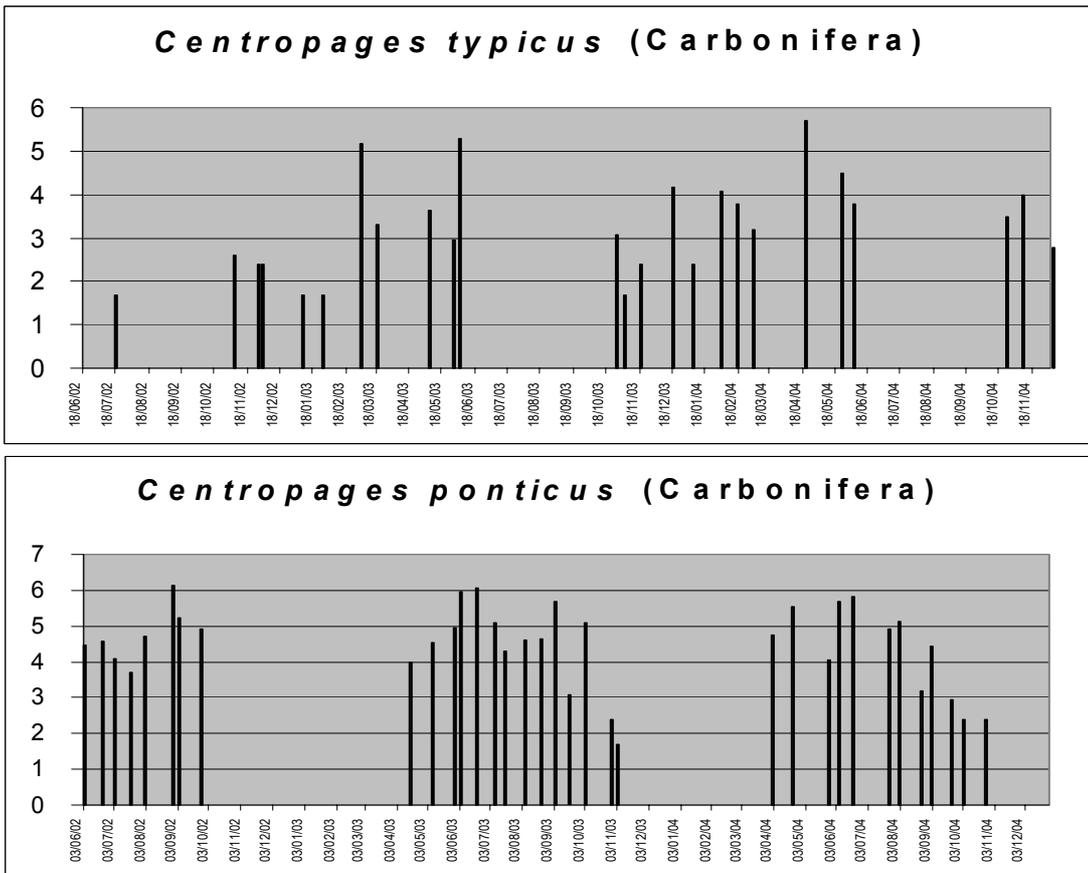


Figura 43 - Andamento dell'abbondanza di *C. typicus* e *C. ponticus* presso la stazione di Carbonifera (dati espressi in ln(ind./m<sup>3</sup>))

*C. ponticus* è risultato poco frequente solamente presso la stazione di Elba Nord, probabilmente perché è una specie che predilige acque costiere.

*Temora stylifera* è risultata presente e periodicamente abbondante presso tutte le stazioni. Il periodo dell'anno in cui raggiunge i valori massimi è quello autunnale, nei mesi di ottobre e novembre (Figura 44)

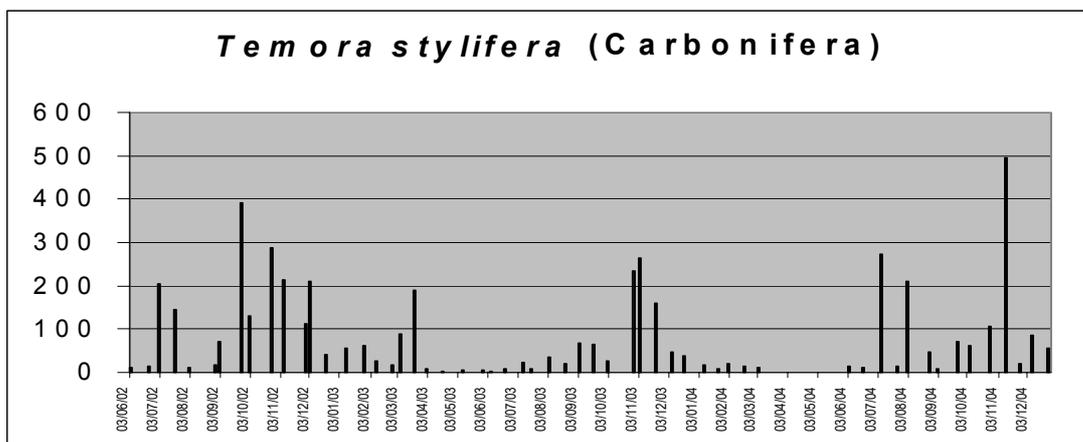


Figura 44 - Andamento dell'abbondanza di *T. stylifera* presso la stazione di Carbonifera (dati espressi in ind./m<sup>3</sup>)

*Isias clavipes* è risultato anch'esso abbastanza frequente e periodicamente abbondante in tutte le stazioni (tranne Elba Nord, dove la frequenza è minore). Il periodo con valori più elevati va da marzo a ottobre (Figura 45).

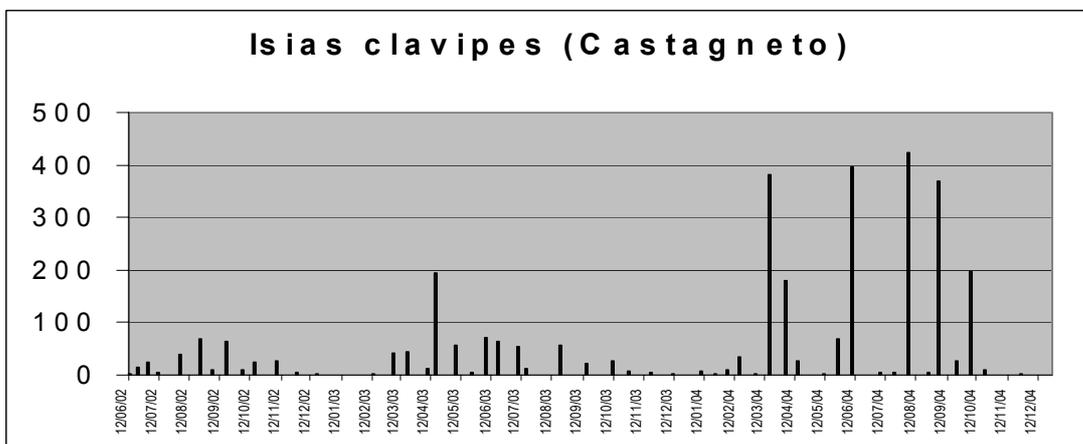


Figura 45 - Andamento dell'abbondanza di *I. clavipes* presso la stazione di Castagneto (dati espressi in ln(ind./m<sup>3</sup>))

Il genere *Clausocalanus* è costituito da 8 specie mediterranee, che si ritrovano periodicamente anche nelle nostre acque. Le più frequenti e abbondanti sono risultate *C. furcatus*, *C. paululus*, *C. pergens*. I dati per *c. furcatus* sono disponibili dall'agosto 2002, mentre per le altre due specie dal settembre 2002. *C. furcatus* presenta lo stesso andamento preticamente in tutte le stazioni, anche se con abbondanze differenti: in Figura 46 è riportato l'andamento presso la stazione di Carbonifera.



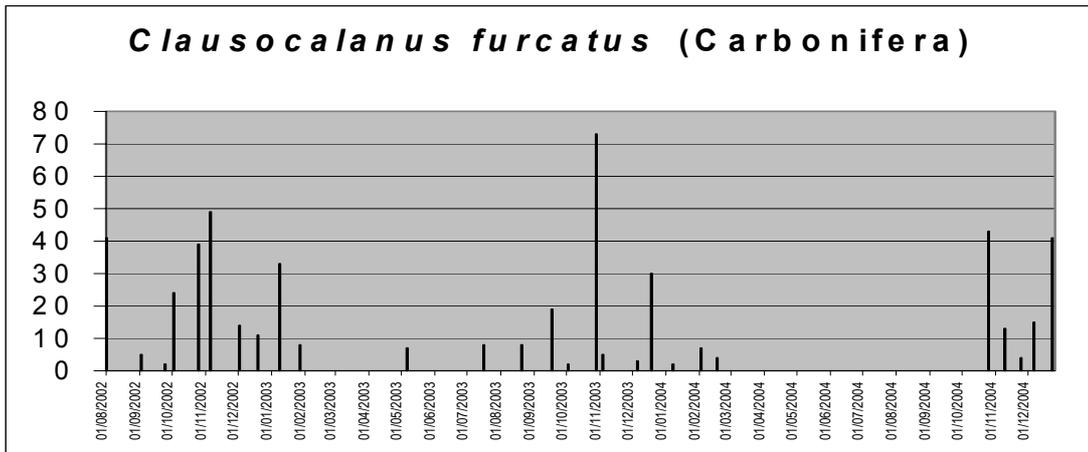


Figura 46 - Andamento dell'abbondanza di *C. furcatus* presso la stazione di Carbonifera (dati espressi in ind./m<sup>3</sup>)

Si può notare come il periodo in cui questa specie raggiunge i valori di abbondanza più elevati sia nei mesi novembre-dicembre. Anche le altre due specie sopra ricordate sembrano prediligere questo periodo in tutte le stazioni; a titolo di esempio si riportano gli andamenti per la stazione di Castagneto, dove peraltro per l'anno 2004 non è stato ritrovato *C. pergens* nel periodo atteso (Figura 47).

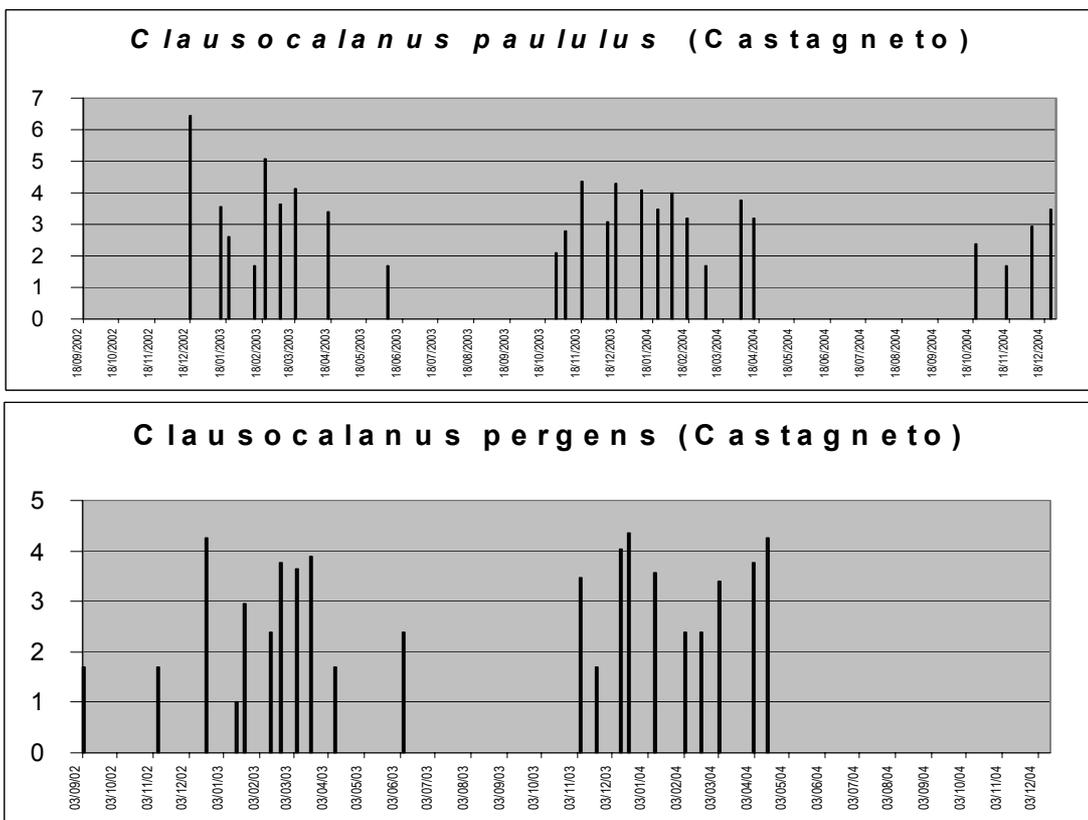


Figura 47 - Andamento dell'abbondanza di *C. paululus* e *C. pergens* presso la stazione di Castagneto (dati espressi in ln(ind./m<sup>3</sup>))

Per gli altri taxa non si riportano grafici, in quanto non riferiti a singole specie ma a generi interi, o comunque a copepodi non Calanoidi. Si possono comunque rilevare alcune notizie; per esempio *Oithona* è un genere presente presso tutte le stazioni tutto l'anno, ma con picchi di abbondanza nel periodo marzo - giugno, talvolta con valori elevati. Stesso dicasi per *Euterpina*, ma con valori di abbondanza più bassi. *Farranula* e *Corycaeus* sono entrambi presenti e piuttosto frequenti (non abbondanti) in tutte le stazioni, specialmente nei mesi novembre gennaio. Anche *Oncaea* mostra abbondanze più elevate nei mesi freddi presso tutte le stazioni, con valori che sono risultati massimi per il periodo considerato nell'inverno 2002-3, per poi diminuire negli inverni successivi, ancora una volta in tutte le stazioni: probabilmente le variazioni riscontrate non sono da imputare esclusivamente alla stagionalità.

Ci sono poi tutta una serie di generi meno frequenti, probabilmente più adattati ad acque del largo, che in certi periodi possono essere ritrovati nei campioni di acque costiere, indicando pertanto l'avvicinamento alla costa di masse d'acqua più del largo: sporadicamente si possono trovare *Pleuromamma*, *Candacia*, *Lucicutia*, *Euchaeta*, *Haloptilus*, *Calanus* e altri ancora. I Copepodi Pontellidi sono invece descritti come particolarmente sensibili all'inquinamento da idrocarburi, vivendo all'interfaccia aria-acqua, e si possono ritrovare anch'essi nei campioni, più di frequente come stadi giovanili (copepoditi) mentre più raramente come adulti, stadio nel quale è possibile effettuare con relativa facilità la diagnosi specifica (anche per le dimensioni piuttosto grandi): si possono ritrovare *Labidocera*, *Pontella*, *Anomalocera*, *Parapontella* e *Pontellina*. Anche lo studio della loro frequenza e distribuzione potrebbe essere importante ai fini della valutazione della qualità dell'acqua, ma probabilmente occorrerebbero campionamenti dedicati.

### 4.3 MONITORAGGIO SEDIMENTO

Dal 2001 al 2004 sono stati raccolti campioni superficiali di sedimento marino nelle seguenti stazioni: FM05, AT01, CS05, CR05, EB01, FO05. La descrizione delle stazioni e la frequenza dei campionamenti sono riportate di seguito:

---

#### Descrizione delle stazioni di campionamento

FM05: davanti alla foce del fiume Morto, sulla batimetria dei 12m, a circa 300m dalla costa.

AT01: davanti ad Antignano, sulla batimetria dei 50m, a circa 1,5 mn dalla costa.

CS05: davanti a Marina di Cecina, sulla batimetria dei 25m, a circa 2,7 mn dalla costa

CR05: circa 7 mn a NW di Punta Ala, sulla batimetria dei 50m.

EB01: a largo di Capo Bianco (Portoferraio, Elba) sulla batimetria dei 105m.

FO05: davanti alla foce del Bruna (Castiglione della Pescaia), sulla batimetria dei 50m, a circa 1,8 mn dalla costa

---

#### Frequenza dei campionamenti:

2001: ottobre

2002: giugno, ottobre

2003: febbraio/marzo, agosto

2004: marzo, agosto

---

Sui sedimenti sono state fatte analisi granulometriche, di metalli pesanti e contaminanti organici.

Da una prima analisi dei dati non sono risultate differenze degne di nota tra i valori di concentrazione delle varie stazioni in relazione ai periodi di campionamento, pertanto i dati



sono stati elaborati indipendentemente dagli anni e dai mesi di campionamento. I risultati sono riportati in Tabella 1.

Tabella 16 - Concentrazione dei metalli pesanti di maggior interesse ( $\mu\text{g/g}$  peso secco) ( $N=7$ )

Stazione	Peliti (%)	Hg	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	V	As	Ni
<b>FM05</b>										
max	99.770	0.668	0.203	118.227	20.640	82.923	47.620	84.565	8.581	79.885
min	99.270	0.035	0.000	64.765	14.094	58.725	31.975	31.208	5.755	51.790
mediana	99.580	0.121	0.126	87.162	17.568	73.367	40.230	46.867	7.279	63.738
media	99.563	0.205	0.103	85.371	17.037	72.288	39.451	52.952	7.255	65.955
DS	0.187	0.214	0.077	18.137	2.311	8.301	5.602	19.070	1.028	8.594
<b>AT01</b>										
max	98.900	3.187	0.241	95.624	30.065	69.521	33.702	57.131	17.377	73.591
min	95.790	1.878	0.145	69.717	20.026	54.717	21.226	35.202	10.535	55.566
mediana	97.470	2.333	0.207	78.926	25.000	60.595	29.329	44.773	15.142	63.967
media	97.527	2.414	0.201	82.068	25.784	62.385	28.120	44.669	14.907	64.238
DS	1.001	0.482	0.032	8.925	3.452	5.254	3.793	8.316	2.134	6.782
<b>CS05</b>										
max	93.490	0.528	0.317	153.951	13.458	61.090	32.500	50.513	11.795	112.821
min	69.190	0.145	0.000	103.448	7.738	42.378	18.869	26.044	10.290	90.600
mediana	80.670	0.247	0.125	130.849	11.691	45.734	22.647	40.039	11.580	104.412
media	80.870	0.316	0.125	129.507	11.101	46.965	24.097	40.438	11.268	103.097
DS	9.175	0.167	0.101	16.510	1.923	6.450	4.255	9.555	0.592	6.951
<b>EB01</b>										
max	86.300	0.760	0.223	100.833	37.398	75.965	33.532	81.398	30.476	71.398
min	77.430	0.176	0.000	70.571	23.563	59.038	24.583	45.657	20.275	61.033
mediana	83.600	0.234	0.145	85.040	29.250	62.678	26.976	60.502	28.253	65.995
media	82.313	0.312	0.145	85.757	30.072	64.931	27.715	63.809	27.020	66.159
DS	3.345	0.201	0.079	10.294	4.250	5.913	3.451	14.895	3.476	4.427
<b>FO05</b>										
max	98.770	0.917	0.166	79.712	21.539	82.808	39.998	82.692	18.654	52.497
min	96.700	0.496	0.089	44.901	18.555	68.357	29.857	43.262	12.389	40.031
mediana	97.480	0.627	0.125	57.843	20.219	74.688	31.330	59.024	14.999	43.672
media	97.743	0.644	0.127	62.221	20.156	75.635	32.497	59.203	15.527	45.072
DS	0.723	0.144	0.031	12.545	1.189	5.493	3.514	12.651	2.202	4.129
<b>CR05</b>										
max	96.940	1.019	0.221	75.808	28.469	97.918	41.378	68.571	23.125	54.961
min	92.640	0.435	0.097	53.230	23.134	79.375	27.143	55.348	15.096	42.411
mediana	94.720	0.641	0.169	62.562	25.035	83.134	31.250	59.773	20.057	45.563
media	95.056	0.648	0.158	63.759	25.310	86.388	32.841	61.235	19.729	46.780
DS	1.442	0.190	0.050	8.536	1.816	8.188	5.163	4.481	2.589	4.227

Sottolineando gli aspetti più rilevanti si può dire che, prendendo in considerazione i valori medi dei sedimenti costieri del mare Tirreno e del mar Ligure (Quaderno ICRAM "Aspetti

tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini: Dragaggi Portuali”), i valori di mercurio, cadmio e rame sono generalmente elevati, mentre sono abbastanza alti quelli di nichel e di arsenico in alcune stazioni.

In particolare:

**Hg:** presenta valori massimi elevati in tutte le stazioni e valori medi elevati nelle stazioni FO05 e AT01. Nella prima stazione la presenza di mercurio può essere attribuita alla vicinanza dell’anomalia geologica da cinabro del Monte Amiata (Barghigiani et al., 1996). Nella seconda, i livelli sono molto alti e avvalorano l’ipotesi, già riscontrata in passato (Scerbo et al., 2005) e confermata durante lo svolgimento del Progetto InterregIII A “MONIQUA”, secondo la quale le correnti trasportano il contaminante da Rosignano Solvay Verso NORD.

**Cd:** i valori massimi di cadmio sono alti in tutte le stazioni e quelli medi sono alti in tutte ad eccezione di AT01. La presenza è antropogenica e indica che davanti ad Antignano la pressione antropica potrebbe essere meno forte.

**Cu:** presenta valori massimi alti in tutte le stazioni e abbastanza alti in FM05, FO05 e CR05. Anche in questo caso la presenza è di origine antropica e le fonti di contaminazione possono essere di varia natura poiché il rame è legato a numerosissime attività umane.

**Ni:** è presente in elevate concentrazioni come valori massimi, minimi e medi solo nella stazione CS05. La sua presenza potrebbe essere legata all’attività cantieristica, ma data la presenza del metallo di origine geologica, si dovrebbe accertare la distribuzione delle varie specie chimicofisiche ed in particolare il valore legato alla matrice minerale.

**As:** presenta valori massimi e medi elevati davanti a Portoferraio, che potrebbero essere legati a residui della passata attività estrattiva e siderurgica o a cause di natura geologica essendo l’Elba fortemente mineralizzata. Anche in questo caso lo studio della speciazione potrebbe dare ulteriori informazioni sull’origine del contaminante.

Da rilevare che tutte le stazioni presentano valori di Ni e Hg superiori agli standard di qualità dei sedimenti della tabella 2 del Decreto 6 novembre 2003, n.367. Ugualmente tali standard sono superati per l’arsenico in tutte le stazioni ad eccezione di FM05 e CS05 e per il piombo in tutte le stazioni eccetto AT01 e EB01.

Anche il cromo totale è superiore in concentrazione agli standard di qualità in tutte le stazioni; si ritiene però che in questo caso la nostra area geochemica presenti valori di fondo superiori a quelli della tabella 2.

Per quanto riguarda i contaminanti organici si riscontrano valori degni di nota per il Dibenzo (a,h)antracene nella stazione CR (monitoraggio del 2003), nelle stazioni AT, CR, FM e EB (monitoraggio del 2004).

#### 4.4 MONITORAGGIO BIOTA

Si ritiene di prestare particolare attenzione alla concentrazione media annuale di mercurio riscontrata nel biota delle varie aree, in considerazione sia della anomalia geochemica presente lungo la costa toscana (giacimenti di cinabro del Monte Amiata con possibilità di trasporto a mare nella zona delle foci dei fiumi della toscana meridionale) sia delle sorgenti antropogeniche di questo elemento (Impianti cloro – alcali con celle a catodo di mercurio nella zona di Rosignano Solvay, costa centrale della Toscana).



Per quanto concerne il biota, la concentrazione di Mercurio più elevata si registra nella stazione di Marina di Castagneto (anch'essa non troppo lontana dalla zona Solvay); una discreta concentrazione la si nota anche nella zona di foce Ombrone, fiume proveniente dal Monte Amiata, mentre la più bassa si trova in corrispondenza della stazione di riferimento, Elba Nord.

#### 4.5 MONITORAGGIO BENTHOS

##### 4.5.1 Posidonia oceanica

Per quanto riguarda il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica*, nella tabella sottostante sono riportati i valori della produzione primaria che presentano un andamento abbastanza simile, con la prateria di Carbonifera più produttiva seguita da quella di Antignano e da quella dell'Elba. Il dato del 2003 esula da questa tendenza rispecchiando le differenze che questo anno ha fornito su tutti i dati.

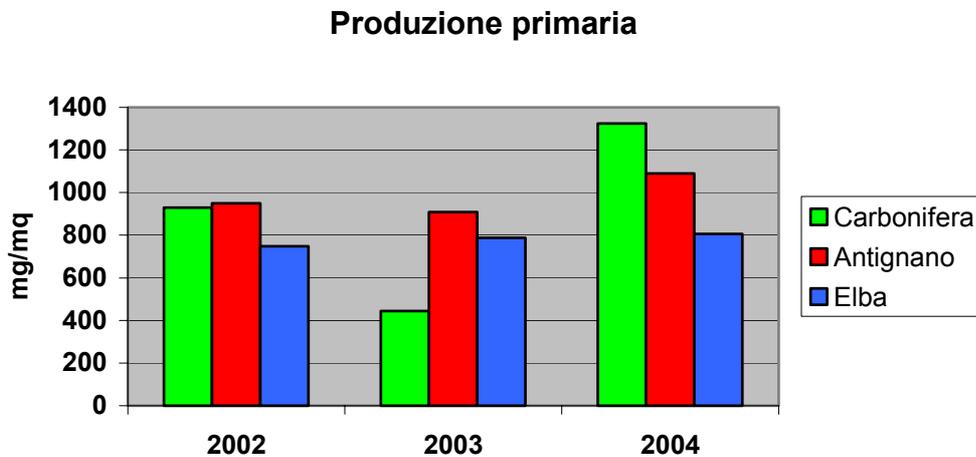


Figura 48 - Produzione primaria nei tre anni di monitoraggio.

Il parametro seguente, cioè il numero medio di foglie per fascio, mostra un andamento costante nei tre anni di monitoraggio con la prateria di Carbonifera che presenta il numero maggiore di foglie per ciuffo.

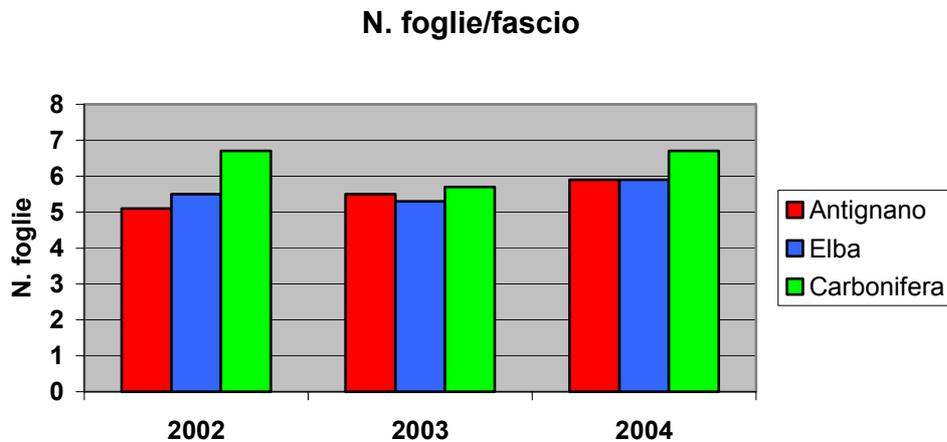


Figura 49 - Numero di foglie per fascio nei tre anni di monitoraggio.

Il grafico della densità assoluta non evidenzia particolari andamenti a parte il valore della prateria dell'Elba nel 2002 particolarmente basso.

### Densità assoluta

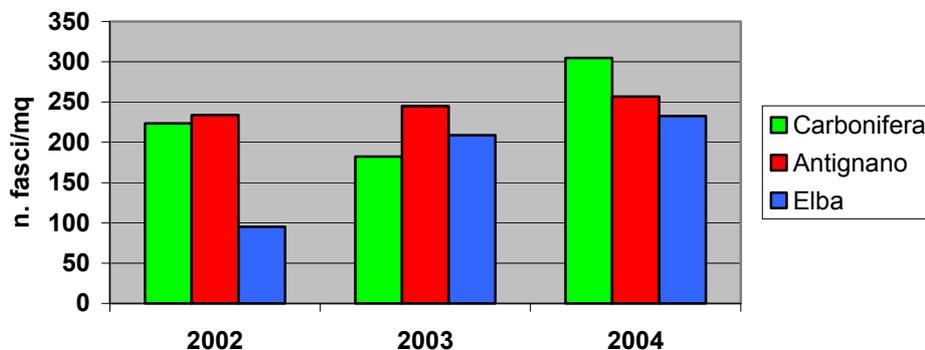


Figura 50 - Densità assoluta nei tre anni di monitoraggio.

La distanza dei corpi morti dal limite, se pur con le dovute cautele, mostra un avanzamento del limite solo per la prateria di Carbonifera mentre per le altre due, ma soprattutto per l'Elba l'arretramento appare di una certa entità. Questo dato però può indurre in valutazioni sbagliate; infatti se nella zona c'è stato l'ancoraggio di qualche imbarcazione, l'ancora nel momento di salpare può avere strappato ciuffi della pianta arrecando in questo modo un danno di tipo meccanico ma non imputabile a una rottura di equilibrio tra la pianta e l'ambiente.

### Distanze dai corpi morti

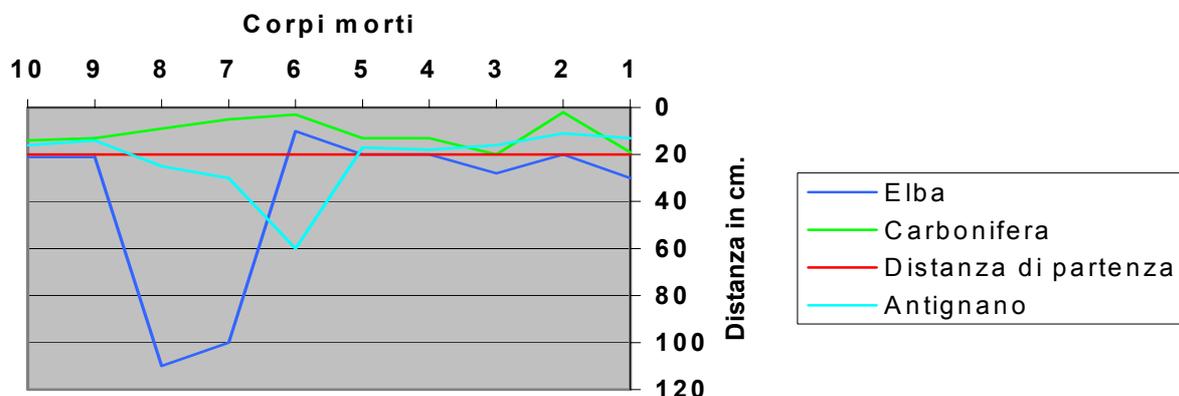


Figura 51 - Distanza dei corpi morti dal limite.

Durante il triennio di monitoraggio sono state effettuate anche delle osservazioni sulla metodologia adottata allo scopo di migliorare l'efficacia dello studio. Uno dei problemi maggiori incontrati dagli operatori è stato quello di identificare un limite inferiore alla profondità di circa 20 metri, soprattutto all'Isola d'Elba dove la bibliografia riporta la profondità di alcuni limiti anche a 45 metri. Appare chiaro che il limite investigato a 20 metri rispecchia già di per sé una situazione alterata rispetto all'area elbana.



#### 4.5.2 Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC)

Lo studio delle comunità macrozoobentoniche durante i tre anni di monitoraggio, nelle 3 stazioni di prelievo, ha permesso di identificare in totale 15.707 individui appartenenti a 100 specie diverse. Analizzando i risultati dei parametri strutturali delle comunità macrozoobentoniche studiate nei tre anni di monitoraggio, si evidenzia un aumento del numero di specie nel 2003 in tutte le stazioni monitorate, con Marina di Castagneto che raggiunge il valore massimo registrato nei tre anni nelle tre stazioni (42 specie).

Tabella 17 - Parametri strutturali delle comunità macrozoobentoniche studiate nei tre anni di monitoraggio.

Indici ecologici	FM02	FM03	FM04	CS02	CS03	CS04	FO02	FO03	FO04
Numero di specie	21	29	30	35	42	35	30	33	20
Numero di individui	610	4771	3330	1907	2016	1187	1262	427	197
Indice diversità specifica	1,57	1,11	1,23	2,09	2,94	1,84	2,14	2,91	2,53
Indice ricchezza specifica	3,11	3,31	3,58	4,5	5,39	4,8	4,06	5,28	3,6
Indice equiripartizione	0,35	0,23	0,25	0,4	0,55	0,36	0,43	0,58	0,59
Indice dominanza	0,41	0,21	0,32	0,68	0,77	0,41	0,62	0,77	0,66

Il numero di individui presenta i valori più alti nella stazione di Fiume Morto (4.771 individui nel 2003), mentre nella stazione di Foce Ombrone valori progressivamente decrescenti nel tempo, passando dai 1.262 individui del 2002 ai 197 del 2004. La diversità specifica, l'equiripartizione, la ricchezza specifica e la dominanza, mostrano valori più elevati a Marina di Castagneto ed a Foce Ombrone rispetto a Fiume Morto, dove nel 2003 si rileva il valore minimo dell'indice di dominanza.

Confrontando i risultati dell'analisi tassonomica di tre anni di monitoraggio si evidenzia la scomparsa degli echinodermi e dei cefalocordati a Foce Ombrone mentre a Marina di Castagneto del mollusco bivalve *Spisula subtruncata*, specie dominante nel 2002 con 500 individui. L'analisi dei gruppi trofico-ecologici delinea delle comunità ben strutturate nello spazio e nel tempo dominate dai detritivori superficiali e sub-superficiali.

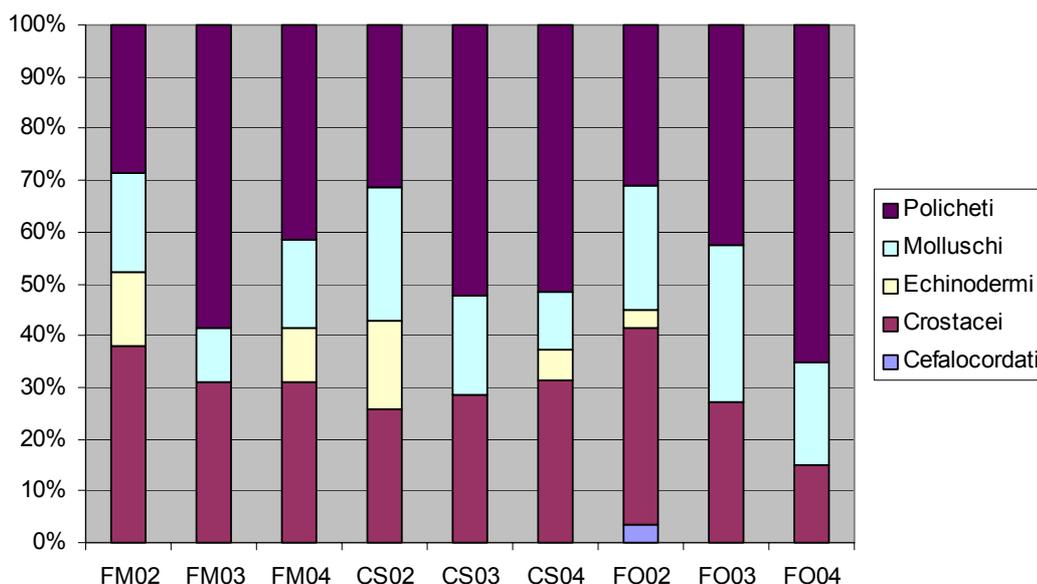


Figura 52 - Variazioni temporali della composizione tassonomica delle stazioni monitorate.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate caratterizza le comunità macrozoobentoniche di tutte le stazioni monitorate. I popolamenti sono caratterizzati, in particolar modo, dalla predominanza dei molluschi *Acanthocardia tuberculata*, *Neverita josephina*, *Nassarius mutabilis*, *Spisula subtruncata*, *Tellina pulchella*, *Tellina fabula* e *Pharus legumen*, dei policheti *Euclymene oerstedii*, *Nephtys hombergii*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi* e *Spiophanes bombyx*, dei crostacei *Liocarcinus vernalis* e *Diogenes pugilator* e dell'echinoderma *Echinocardium cordatum*.

Nella stazione di Foce Ombrone, particolarmente significativa appare la presenza dell'Anfiosso (*Branchiostoma lanceolatum*), specie tipica della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo ed unica specie vivente nei mari italiani appartenente al subphylum dei Cefalocordati. Questa specie è considerata di particolare interesse, non solo per la sua posizione filogenetica, ma anche, e soprattutto, per le sue esigenze ecologiche. La sua presenza in Mediterraneo è poco segnalata, molto spesso in aree di particolare interesse naturalistico e con marcato idrodinamismo.

Tramite l'analisi dei cluster viene evidenziata una differenziazione tra parte centro-settentrionale e parte meridionale delle comunità macrozoobentoniche della costa toscana, ma non si rilevano modificazioni significative nella composizione faunistica delle singole stazioni monitorate, che risultano essere ben strutturate nel tempo.

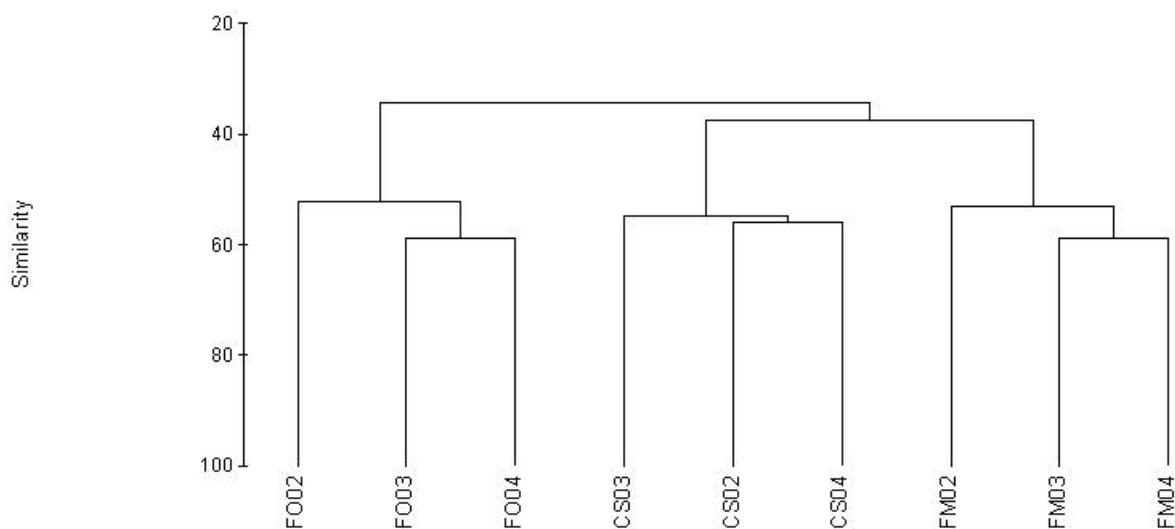


Figura 53 - Dendrogramma relativo al confronto delle comunità macrozoobentoniche studiate nei tre anni di monitoraggio.



## 5 PROPOSTE DI MODIFICHE AL MONITORAGGIO

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATT) in attuazione della Legge 979/82, ha organizzato una rete di osservazione della qualità dell'ambiente marino lungo tutte le coste italiane, compiendo un notevole sforzo rivolto ad ottenere dati (oceanografici, chimici, biologici, microbiologici) omogenei, prodotti dalle diverse Regioni coinvolte nel programma di lavoro.

Tali informazioni, a livello nazionale, oltre al notevole contributo scientifico rivolto alla conoscenza dell'ambiente, costituiscono la base essenziale per poter definire lo stato di qualità dell'ambiente marino lungo tutte le coste italiane, necessaria per la gestione delle fasce costiere e per la tutela ecologica.

Inoltre, presso la Direzione Generale per la Protezione della Natura del MATT, è stata progettata un'apposita banca dati (Si.Di.Mar.) per la raccolta, la gestione e l'elaborazione dei dati trasmessi dalle diverse amministrazioni periferiche, rendendo disponibile una elevata mole di dati continuamente aggiornata.

Il lavoro compiuto in questi anni ha permesso di creare in Italia un sistema efficiente che, con metodologie di campionamento e analisi uniformi, consente di effettuare studi e acquisire dati sull'ambiente marino; questo sistema, con il coordinamento del MATT, costituisce uno strumento essenziale per poter rispondere alle diverse necessità normative, in particolare, in relazione al lavoro da compiere per l'implementazione della Direttiva Comunitaria 2000/60.

Di seguito sono elencate alcune proposte per i futuri programmi di monitoraggio.

### 5.1 CONDIZIONI METEOROLOGICHE E IDRODINAMISMO

La caratterizzazione delle acque costiere sulla base delle caratteristiche naturali geomorfologiche ed idrodinamiche è la base di partenza, richiesta dalla Direttiva Europea agli Stati Membri, per poter analizzare i vari elementi di qualità richiesti per la classificazione delle acque (Dir. Allegati II e V).

Le acque marino costiere, come definite dalle normative del settore, sono costituite da una fascia di mare che si estende non oltre la distanza di 3000 metri dalla costa. Si tratta di un ambiente particolare, di interfaccia tra la terra e il mare aperto e, in ogni modo, differente da quest'ultimo; influenzato direttamente dalle attività dell'uomo che si svolgono a terra, dalla presenza della costa e del fondo del bacino e dalla loro rispettiva geomorfologia.

Le condizioni meteorologiche (temperatura dell'aria, umidità relativa, intensità e direzione del vento, pressione atmosferica, piovosità e stato del mare) in questa fascia di mare hanno influenza diretta sui parametri che caratterizzano la massa d'acqua dal punto di vista fisico – chimico e biologico. La conoscenza del “tempo che ha fatto” può fornire un contributo importante nell'interpretazione dell'andamento dei parametri, relativi al mare, che sono stati registrati.

Allo stesso modo è fondamentale lo studio e la conoscenza dell'idrodinamismo della fascia costiera; gli studi condotti sulla circolazione delle correnti al largo, possono spesso fornire solo uno scarso contributo alla comprensione di quello che succede in questa piccola fascia di mare dove si svolge la nostra attività; circolazioni di acqua caratteristiche dei diversi tratti costieri possono essere innescati dai venti che, influenzati dalla morfologia della costa, possono

variare in intensità e direzione, gli schemi di circolazione possono essere condizionati dalla morfologia del bacino e dalla sua profondità.

Le condizioni meteorologiche e la circolazione delle acque, anche se sono caratteristiche di tipo fisico, sono alla base della conoscenza e studio di un ecosistema, in particolare nella fascia costiera dove la loro influenza diventa maggiormente condizionante sugli aspetti biologici.

Per i parametri meteorologici (temperatura dell'aria, umidità relativa, intensità e direzione del vento, pressione atmosferica, piovosità e stato del mare) ritengo sia poco significativo effettuare misure a bordo dei mezzi nautici nel corso della campagne in mare, così come previsto nella convenzione relativa al primo triennio di attività. In tal modo non sono registrati gli eventi più intensi che hanno maggiore significatività, poiché in genere non è possibile uscire in mare durante tali fenomeni; inoltre, le misure effettuate a bordo del battello oceanografico sono relative alla località in cui ci si trova e possono non essere rappresentative dell'intero tratto di costa, soprattutto se questo si estende per oltre 400 Km. Dall'esperienza maturata in questi anni, potrebbe risultare utile disporre dei dati ottenuti da centraline meteo disposte lungo la costa (es. una nella parte a nord e l'altra a sud nel caso della Toscana), possibilmente già esistenti presso Scuole, Istituti o Società (es. Istituti Tecnici Statali Nautici, enti di ricerca, centrali ENEL).

Gli schemi di circolazione delle acque costiere, sono spesso indotti dal vento e condizionati dalla morfologia e profondità del bacino e possono risultare caratteristici di determinati tratti costieri. L'impegno, in termini strumentali e di tempo, per lo studio e la conoscenza di questi schemi di circolazione è certamente rilevante ed è in relazione al grado di approfondimento che si desidera raggiungere. Potrebbe risultare un impegno eccessivo estendere le indagini in contemporanea all'intero tratto di costa regionale. Lo sforzo in termini economici per l'acquisto e il lavoro richiesto per la messa in opera e manutenzione della strumentazione, sarebbe enorme e forse eccessivo in relazione agli obiettivi da raggiungere. D'altro canto non è possibile spiegare particolari situazioni che si osservano, ipotizzando l'esistenza di correnti su cui non è mai stata indirizzata nessuna indagine.

Come per le condizioni meteorologiche, ritengo che non sia opportuno effettuare misure a bordo dei mezzi nautici nel corso della campagne in mare, penso che un buon inizio potrebbe essere quello di concentrarsi ogni anno su una singola area. In tal modo, sarebbe necessario acquisire e gestire una strumentazione più limitata, eventualmente composta da due o tre correntometri profilatori, effettuare registrazioni della durata di un anno, limitatamente ad uno o più punti di particolare interesse all'interno dell'area individuata. Dalle registrazioni effettuate, eventualmente con il supporto della modellistica, dovrebbe essere possibile ipotizzare schemi di circolazione caratteristici di quell'area e eventualmente indotti da particolari condizioni meteorologiche. La strumentazione acquisita e l'esperienza maturata potrebbe in tal modo permettere di accrescere, anno dopo anno, le conoscenze sulle singole aree e creare le basi per successivi approfondimenti.

## 5.2 FREQUENZE DI CAMPIONAMENTO

La frequenza di indagine quindicinale durante tutto l'arco dell'anno per i parametri che caratterizzano la massa d'acqua (dati da sonda) e per il fitoplancton appare eccessiva, mentre per lo zooplancton si osservano variazioni interessanti tra i due campionamenti di uno stesso mese. Per i parametri relativi all'acqua (da sonda) e per il fitoplancton la frequenza potrebbe essere quindicinale nel periodo da giugno a settembre, in considerazione della maggiore variabilità dei parametri ambientali e della delicatezza che questo periodo stagionale riveste dal punto di vista



trofico; per i restanti mesi dell'anno, un campionamento mensile potrebbe essere sufficiente per caratterizzare la massa d'acqua in un periodo in cui la variabilità dei parametri è meno accentuata e non sono presenti stratificazioni rilevanti. In ogni caso, la frequenza stagionale indicata dal D. Lgs 152/99 non fornisce informazioni sufficienti per poter seguire l'evoluzione temporale dei diversi parametri, pertanto sarebbe opportuno non scendere al di sotto della frequenza di campionamento mensile.

Eventuali fondi derivanti da una riduzione delle frequenze di campionamento, potrebbero essere indirizzati all'implementazione di indagini sugli elementi di qualità biologica secondo quanto previsto dalla Direttiva Comunitaria 2000/60 e su aspetti attualmente assenti nei programmi di monitoraggio nazionali come lo studio della circolazione delle acque, con la misura di dati meteorologici e correntometrici.

### 5.3 SEDIMENTO

Nel campionamento dei sedimenti è necessario evidenziare alcuni aspetti rilevanti ai fini del significato e dell'interpretazione dei dati. Per le aree oggetto di studio non esistono indagini sulle velocità di sedimentazione; presumibilmente, in particolare per aree con basso tasso di sedimentazione, i dati ottenuti prelevando i primi 3 cm (con Box corer) di sedimento (come previsto dalle metodiche analitiche ICRAM), forniscono informazioni relative ad un intervallo di tempo molto lungo (migliaia di anni) e quindi non si riferiscono all'input recente (ultimo anno) che si vorrebbe monitorare.

In altri termini, il prelievo dei 3 cm superficiali di sedimento rende omogeneo un campione relativo ad un tempo di moltissimi anni, producendo un mascheramento di eventuali (recenti) picchi di anomalie. Questo potrebbe anche spiegare come mai per molte stazioni (incluso anche aree prospicienti delta fluviali) i dati sono relativamente costanti, sia durante l'anno che in anni successivi.

Inoltre, la eterogeneità della distribuzione delle successioni sedimentarie nei bacini idrografici e delle attività antropiche, richiede di ricercare il cosiddetto "bianco" (campione di riferimento non contaminato) in ognuna delle aree di indagine e non individuare una singola area di riferimento presumibilmente non impattata. Pertanto, per ogni area dovrebbe essere individuata, all'interno di carote, la profondità critica in cui la concentrazione dei metalli pesanti nei sedimenti è (temporalmente) precedente allo sviluppo antropico ed industriale. Un'analisi dei dati raccolti senza questo bianco per ognuna delle località campionate, può generare allarmismi ingiustificati, poiché non è possibile individuare le eventuali (recenti) anomalie di origine antropica e distinguere tra componente naturale ed antropica.

### 5.4 INDAGINI BIOLOGICHE

#### 5.4.1 Coralligeno

Per le biocenosi di maggior pregio ambientale si propone l'introduzione dello studio del coralligeno; infatti, questa importante biocenosi è particolarmente sensibile alle variazioni dei parametri che caratterizzano l'ambiente marino.

Le formazioni coralligene presentano un'altissima diversità biologica grazie alla capacità degli organismi che le costituiscono di erigere biocostruzioni permanenti e di grande estensione. Le condizioni ecologiche che portano alla loro formazione sono principalmente la salinità e la temperatura relativamente costanti ed una illuminazione non elevata, ma sufficiente per la

crescita algale, matrice principale per la biocostruzione. Ovviamente qualsiasi alterazione di questi parametri, come ad esempio un aumento improvviso della temperatura o la diminuzione di trasparenza a causa dell'aumento di solidi sospesi, può portare un grave danno a questo delicato ecosistema. A fianco del grande interesse scientifico, non deve essere trascurata poi la sua importanza economica: il settore della pesca trae giovamento delle ricche popolazioni ittiche e di crostacei che lo caratterizzano. Negli ultimi anni, con l'aumento delle attività subacquee, il "coralligeno" si è trasformato anche in un'importante risorsa per il turismo grazie all'elevato valore estetico.

#### **5.4.2 Posidonia oceanica**

Nello studio della dinamica del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* la tecnica del "balisage" fornisce informazioni di dettaglio, ma, limitate ad un tratto non molto esteso (circa 50 metri); una visione d'insieme della prateria che si vuole studiare può essere fornita dall'impiego del Side Scan Sonar.

Questo strumento permette di ottenere un rilievo ecografico del fondo e offre il modo di valutare il tipo di distribuzione della pianta all'interno della prateria, evidenziando la presenza di radure e di canali e la loro evoluzione nel tempo.

Inoltre, la sovrapposizione di più rilievi effettuati a distanza di un anno l'uno dall'altro, permette di studiare la dinamica del limite su un tratto molto più esteso rispetto a quanto è possibile fare con il "balisage", ma, ovviamente, con un dettaglio inferiore.

Si propone di introdurre, nello studio delle praterie di *Posidonia*, anche i rilievi con Side Scan Sonar, precisando che le due tecniche non sono da considerarsi in alcun modo una sostitutiva dell'altra, ma, piuttosto, un completamento di un quadro conoscitivo necessario per uno studio di questo tipo.

#### **5.4.3 Mesozooplankton**

L'attività di monitoraggio del mesozooplankton partita nel 2001 non era mai stata precedentemente effettuata. Preziosissimi sono stati gli eventi formativi organizzati nel 2001, poiché hanno permesso di raggiungere standard accettabili a tutti gli operatori. Ovviamente, come tutte le attività che nascono praticamente dal nulla, ha avuto bisogno di un affinamento costante e progressivo, dal quale sono emerse anche alcune problematiche.

In primo luogo, la stazione di Elba Nord non dovrebbe essere utilizzata come riferimento, essendo l'unica delle sei insulare e quindi già di per sé differente dalle altre. Una stazione insulare può essere influenzata maggiormente di una costiera da masse d'acqua del largo o profonde, con conseguenti differenze nella composizione del mesozooplankton (e non solo di questo).

I campionamenti obliqui con l'uso di flussometro sono piuttosto problematici, poiché non è immediato un corretto utilizzo del flussometro stesso: potrebbe essere più semplice il campionamento verticale, in stazioni con profondità di almeno 10m, eventualmente da eseguire in più repliche.

Dovrebbero essere definiti degli obiettivi da raggiungere. Dopo una prima fase che era stata definita conoscitiva, poiché non si conosceva quasi nulla delle popolazioni costiere di mesozooplankton, dovremmo passare ad una fase in cui individuare dei taxa di maggior interesse, anche al fine di poter giudicare la qualità delle acque o comunque uno spostamento da



una condizione di normalità. Per arrivare a questi risultati, i dati raccolti dovrebbero essere elaborati da esperti (glistessi che hanno curato la formazione?). Si rischia altrimenti di continuare ad eseguire un lavoro con fine esclusivamente conoscitivo, probabilmente di minor utilità per le amministrazioni pubbliche.

La formazione è stata curata solamente durante il primo anno, poi gli operatori sono andati avanti da soli, ognuno secondo il tempo e soprattutto la passione disponibile. Non è detto però che ciò sia sufficiente: la sistematica di alcuni taxa non è immediata, e per completare la fase conoscitiva almeno per qualche gruppo (per esempio i Copepodi) dovrebbe essere prevista nuova formazione. Le stesse guide fotografiche dopo tre anni e mezzo ancora non sono disponibili. Inoltre, potrebbe essere utile fare formazione anche per l'elaborazione dei dati raccolti, in maniera tale che gli operatori possono cogliere il maggior numero di informazioni possibili dai dati prodotti.

Risulta necessario mantenere un campionamento quindicinale per avere informazioni più consistenti per una matrice di per sé molto variabile; potrebbe essere molto interessante iniziare a misurare anche la biomassa. Questa informazione potrebbe essere utilizzata per far "girare" modelli ecosistemici come per esempio Ecopath.

Il mantenimento dei campioni vecchi inizia a creare problemi di spazio e anche ai fini della sicurezza sul lavoro, visto che contengono formaldeide e quindi debbono essere stoccati con tutti gli accorgimenti (costosi) del caso, pena l'eliminazione. Questa è una necessità particolarmente sentita presso le Amministrazioni Pubbliche come le ARPA, che già più volte hanno sollevato il problema dell'utilizzo di un fissativo ritenuto così pericoloso. Sarebbe necessario definire il destino di questi campioni, specialmente quelli dei primi anni. Sicuramente varrebbe la pena di analizzarli di nuovo, alla ricerca solamente dei taxa che all'inizio gli operatori non erano in grado di riconoscere: ciò ovviamente non è fattibile dagli stessi operatori che analizzano quotidianamente i campioni di "nuova raccolta", pertanto sarebbe opportuno trovare una soluzione comune a questo problema.

#### **5.4.4 Fitoplancton**

Se lo scopo della determinazione della comunità fitoplanctonica è quello di portare informazioni sullo stato ambientale delle acque, a nostro giudizio, il prelievo solo in superficie non è sufficiente, in quanto non tiene conto dell'effetto della luce e del suo ruolo nella distribuzione verticale del fitoplancton e sulla sua variazione giornaliera. Sarebbe, quindi, necessario introdurre un campionamento del fitoplancton anche a diverse profondità, in modo tale da permettere il confronto con altri indicatori della biomassa fitoplanctonica (per esempio, la concentrazione di pigmenti clorofilliani), rilevati lungo tutta la colonna d'acqua. Tenendo conto delle esigenze che possono esserci in un lavoro routinario, si potrebbe, ad esempio, prevedere almeno il campionamento a 3 diverse profondità a seconda del profilo rilevato dal fluorimetro: un prelievo superficiale, uno alla profondità dove si ha il picco di massima fluorescenza (concentrazione di clorofilla) ed uno al di sotto. Questo consentirebbe di ricostruire l'evoluzione della struttura della colonna d'acqua e di effettuare una più completa descrizione della distribuzione e del ciclo stagionale della biomassa fitoplanctonica e della successione dei popolamenti.

### 5.4.5 Nutrienti

Per una valutazione completa della qualità trofica delle acque sarebbe opportuno avviare campionamenti e analisi dei nutrienti lungo la verticale. Il prelievo effettuato in superficie (-50 cm) non permette di avere un quadro conoscitivo completo soprattutto in presenza di stratificazioni della colonna d'acqua. Inoltre per garantire la bontà dei dati riteniamo importante ripetere l'esperienza dei circuiti interlaboratoriali almeno con frequenza semestrale viste le specifiche caratteristiche delle acque marine ed i livelli di concentrazione richiesti. Riteniamo sia il metodo più efficace per stimare i parametri di esattezza e precisione di ciascun metodo analitico. Sarebbe infine auspicabile esprimere i risultati associando loro il valore dell'incertezza di misura ed il recupero la prima ottenibile appropriandosi dello scarto tipo di riproducibilità ottenuto dai circuiti interlaboratoriali o in alternativa mediante prove di scarto tipo di ripetibilità intermedia, il secondo stimato mediante materiali di riferimento certificati.

## 6 LETTERATURA CONSULTATA

- Aminot A., K erouel R. (1995). Reference material for nutrients in seawater: stability of nitrate, nitrite, ammonia and phosphate in autoclaved samples. *Marine Chemistry*, 49: 221-232.
- ANPA - ARPAT (1999). Verso il I rapporto sui corpi idrici italiani. A cura di Bucci M., Mazzoni M., Melley A.
- ARPAT (2002). Indici di qualit  dei corsi d'acqua significativi della Toscana (trend 1997-2001). A cura di S. Cavalieri e M. Mazzoni, Firenze, 62 pp.
- Badalamenti F. & Castelli A., 1993. Censimento dei policheti dei mari italiani: Orbiniidae Hartman, 1942. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 100: 189-206.
- Barghigiani C, Ristori T. and Lopez Arenas J. (1996). Mercury in marine sediment from a contaminated area of the northern Tyrrhenian Sea: <20  m grain-size fraction and total sample analysis. *Sci. Total. Environ.* 192:63-73.
- Bianchi C.N. & Morri C., 1985. I policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. *Oebalia*, 11: 203-214.
- Bolognini L., L. Bonadonna, F. Brun, M. Bucci, A. Melley, R. Colagrossi, E. Coltelli, G. Erbi, S. Ferrari, F. Gambassi, M. Iozzelli, S. Loi, S. Macis, G. Meloni, G. Mulas, V. Strino, U. Vescovi. (2001). Pressioni ambientali e balneabilit .
- Bonadonna L., Bucci M., Di Girolamo I., Dottarelli P., Fabiani C., Gramaccioni L., Iozzelli M., Mazzoni M., Melley A., Oleari F., Rosini R., Sarti N., Scalera G., Vescovi V., G.A. Zapponi. (2000). Le pressioni ambientali e la balneazione. Un caso studio: la Toscana.
- Bonvicini-Pagliai A.M., Cognetti-Varriale A.M., Crema R., Curini-Galletti M., Vandini-Zunarelli R., 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Mar. Pollut. Bull.*, 12: 483-488.
- Bray J.R., Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- Campoy A., 1982. Fauna de Anelidos Poliquetos de la Peninsula Iberica. *Fauna de Espana. Publ. Biol. Univ. Navarra, Serie Zoologica*, 7 (1/2): 1-781.



- Cantone G., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Poecilochaetidae Hanners, 1956. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 96: 23-29.
- Cantone G., 1996. Censimento dei policheti dei mari italiani: Arabellidae Hartman, 1944, Oeononidae Kinberg, 1865. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 103: 99-103.
- Carli A., Crisafi P. (1983) - Copepodi lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane, CNR
- Castelli A. & Valentini A., 1995. Censimento dei policheti dei mari italiani: Pectinariidae Quatrefages, 1865. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 102: 51-54.
- Castelli A., 1987. Censimento dei policheti dei mari italiani: Paraonidae Cerruti, 1909. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 94: 319-340.
- Castelli A., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Flabelligeridae Saint-Joseph, 1894. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 96: 9-22.
- Castelli A., 1990. Censimento dei policheti dei mari italiani: Pilargidae Saint-Joseph, 1899. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 97: 301-310.
- Castelli A., Becchi S. & Crema R., 1990. Distribuzione verticale della macrofauna di fondi molli nel profilo del sedimento. *Oebalia*, 16 (2): 623-625.
- Castelli A., Massei S., Valentini A. & Crema R., 1999. Distribuzione dei policheti sui fondi molli del Medio e dell'Alto Adriatico. *Biol. Mar. Medit.*, 6(1): 358-361.
- Chrétiennot – Dinet M.J. 1990. *Atals du Phytoplancton Marin. Volume III: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglenophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées e Tribophycées.* Edition du CNRS
- Clarke K.R & Warwick R.M., 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.* Natural Environment Research Council, UK: 1-144.
- Crema R., 1997. Divisione del bacino adriatico centro-settentrionale in comparti funzionali alla valutazione di impatto ambientale dell'attività di estrazione petrolifera off-shore. *Rapp. Conv. Univ. Modena - Ce.O.M.*, 64 pp. e appendici.
- Crema R., Bonvicini-Pagliai A.M., Cognetti-Varriale A.M., Morselli I., Zunarelli-Vandini R., 1983. Ruolo delle comunità macrozoobentoniche nel monitoraggio biologico dell'ambiente costiero. *Atti Convegno "Eutrofizzazione dell'Adriatico - Ricerche e linee d'intervento"*: 379-384.
- Day J.H., 1967. *A monograph on the Polychaeta of Southern Africa.* Trust. Brit. Mus. Nat. Hist., 1/2: 1-878.
- De Biasi A.M., 1999. The impact of trawl fishing on the sea bottoms: choosing an experimental area. *Proceedings*: 61-78, 19 Novembre 1999, I.C.R.A.M.
- De Torres Aguilar M., 2001. Metodologia de las redes de control de aguas litorales (RAL). *Interreg II C. Mediterranea Occidental*, Barcellona, 28/29/30 Novembre 2001.
- Deboyd L. Smith. (1977) - *A guide to marine coastal pkton and marine invertebrate larvae.* Kendall/Hunt Publishing Company.

- Decreto 6 novembre 2003, n. 367 Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.
- Falciai L., Minervini R., 1993. Guida dei Crostacei decapodi d'Europa. F. Muzzio Ed., Padova: 282 pp.
- Fauchald K. & Jumars P.A., 1979. The diet of worms: a polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.
- Fauchald K., 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County, Sci. Ser.*, 28: 1-188.
- Fauvel P., 1923. Polychetes errantes. *Faune France*, 5: 1-488.
- Fauvel P., 1927. Polychetes sedentaires. *Faune France*, 16: 1-494.
- Fonda Umani S., De Olazabal A., Orlandi C. (1993) - Distribuzione dei popolamenti mesozooplanctonici nell'arcipelago toscano. In: Nuccio C. (ed), *Progetto Mare*, Regione Toscana-Università degli Studi di Firenze, Firenze: 261-271.
- Fresi E., Gambi M.C., Focardi S., Bargagli R., Baldi F. & Falciai L., 1983. Benthic community and sediment types: a structural analysis. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 4 (2): 101-121.
- Gambi M.C. & Giangrande A., 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, 11: 223-240.
- Gambi M.C., Fresi E. & Giangrande A., 1982. Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista sicil.*, Ser. 4, 6 (3): 489-497.
- Gamulin-Brida H., 1968. Contribution aux recherches sur la bionomie des fonds meubles de l'Adriatique du Nord, *Bioloski Glasnik*, 21: 157-201.
- Giangrande A., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Sabellidae Malmgren, 1867. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 96: 153-189.
- Giraud G., 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bot. Mar.*, 20: 487-491.
- Gravina M.F. & Somaschini A., 1990. Censimento dei policheti dei mari italiani: Capitellidae Grube, 1962. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 97: 259-286.
- Hallegraeff G.M. & Hara Y. (1995) In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC Manual and Guide No. 33. UNESCO.
- Innamorati M., Ferrari, I., Marino, D., Ribera D'Alcalà, M., (1990): *Nova thalassia. Vol. 11 – Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Società italiana di biologia marina/ comitato plancton. Ministero dell'Ambiente – pp. 185-186.
- Kruskal J.B., 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1-27.
- Lardicci C., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Spionidae Grube, 1950. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 96: 121-152.
- Lebart L., 1975. Validité des resultats en analyse des données. Centre de Recherches et de Documentation sur la Consommation, Paris, L.L./cd 4465: 1-157.
- Lee R.E., (1999) *Phycology*. Cambridge University press



- Magazzù G. (1978) *Metodi per lo studio del plancton e della produzione primaria*. Edizioni GM.
- Margalef R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36-71.
- Meinesz A. & Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes Maritimes - France. Campagne Poseidon 1976. *Bot. Mar.*, 21 (8): 513-526.
- Melley A., Iozzelli M. (2001). Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana.
- Mendia L. (1977). La protezione delle acque dagli inquinamenti, Istituto di ricerca sulle acque, CNR, Roma.
- Metodologia de las redes de control de aguas litorales (RAL). Interreg II C. Mediterranea Occidental, Barcellona, 28/29/30 Novembre 2001.
- Miller J. N. , Miller J (2000). *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Prentice Hall.
- Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds.), 1995. Checklist delle specie della fauna italiana. Vol. 13, 14, 15, 17, 19. Calderini, Bologna.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Servizio Difesa Mare, ICRAM, ANPA (2002). Metodologie analitiche di riferimento; programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003).
- Möbius K., 1877. *Die Auster und die Austernwirthschaft*. Berlin: 1-126.
- Mollica E., 1995. Censimento dei policheti dei mari italiani: Sphaerodoridae Malmgren, 1867. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 102: 55-58.
- Naylor E., 1972. *British Marine Isopods*. Synopsis British Fauna (N.S.), 3: 86 pp.
- Nordsieck F., 1968. *Die europäische Meeres-Gehäuseschnecken (Prosobranchia)*. Fischer Verl. Stuttgart: 327 pp.
- Parenzan P., 1970. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. primo Gasteropodi). Bios Taras, Taranto: 1-283.
- Parenzan P., 1974. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. secondo Bivalvi, prima parte). Bios Taras, Taranto: 1-277.
- Parenzan P., 1976. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. secondo Bivalvi, seconda parte). Bios Taras, Taranto: 283-546.
- Pellegrini D., Onorati F., Virno Lamberti C., Merico G., Gabellini M., Ausili A. (2002). Aspetti tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini. *Dragaggi Portuali*. Quaderno ICRAM n. 1: 201 pp.
- Pérès J.M. & Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.
- Pergent G., Chessa L.A., Cossu A., Gazale V., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 1995. Aménagement du littoral: apport de la cartographie benthique. *Res Mediterranea*, 2.
- Petersen C.G.J., 1918. The sea bottom and its production of fish food. *København Ber. Biol. Stat.*, 26: 1-62.
- Pickard G.L., Emery W.J. (1990). *Descriptive Physical Oceanography*.

- Pielou E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- Qualità delle acque di balneazione 1999. Sistema Informativo Sanitario. Ministero della Sanità.
- Qualità delle acque di balneazione 2000. Sistema Informativo Sanitario. Ministero della Sanità.
- Rampi L., Bernhard M. (1978a). Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee. C.N.E.N. RT/BIO (80) 8.
- Rampi L., Bernhard M. (1978b). Key for the determination of Mediterranean pelagic diatoms. C.N.E.N. RT/BIO (78) 1.
- Rampi L., Bernhard M. (1981). Chiave per la determinazione delle coccolitoforidee mediterranee. C.N.E.N. RT/BIO (81) 13.
- Regione Toscana – ARPAT (2001). Rapporto sulla depurazione delle acque reflue urbane in Toscana. A cura di M. Mazzoni. Firenze, 223 pp.
- Regione Toscana – ARPAT (2001). Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana. A cura di A. Melley e M. Iozzelli. Firenze, 133pp.
- Regione Toscana – ARPAT (2001). Rapporto sullo stato delle acque dei principali fiumi in Toscana. A cura di M. Mazzoni. Firenze, 112 pp.
- Regione Toscana (2001). Segnali ambientali in Toscana. A cura di Elena Calistri. Firenze, 200 pp.
- Richard M. (1987). Atlas du Phytoplancton Marin. Volume II: Diatomophycées. Edition du CNRS
- Riedl R. (1991). Fauna e Flora del Mediterraneo. F. Muzzio Ed., Padova: 777 pp.
- Riedl R., 1964a. Lo studio del litorale marino in rapporto alla moderna biologia. *Atti Sem. Stud. Biol.*, 1: 1-30.
- Riedl R., 1964b. Die Erscheinungen der wasserbewegung und wirkung auf Sedentarien in Mediterranen Ferslitoral. *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 10: 155-186.
- Rose M. (1933). Copepodes pelagiques. Faune de France vol. 26. Office Central de Faunistique.
- Ross Sadler (1997) Training Workshop on Nutrient Analysis in Water and waste water, Queensland Health Scientific Services
- Ruffo S., 1982. The Amphipoda of the Mediterranean, I. *Mem. Inst. Oceanogr. Monaco*, 13: 1-364 pp.
- Ruffo S., 1989. The Amphipoda of the Mediterranean, II. *Mem. Inst. Oceanogr. Monaco*, 13: 365-576 pp.
- Ruffo S., 1993. The Amphipoda of the Mediterranean, III. *Mem. Inst. Oceanogr. Monaco*, 13: 577-813 pp.
- Salen-Picard C., 1981. Evolution d'un peuplement de vase terrigène cotière soumis à des rejets de dragages, dans le Golfe de Fos. *Tethys*, 10: 83-88.
- Sanders H.L., 1968. Marine benthic diversity. A comparative study. *Am. Nat.*, 102: 243-282 pp.
- Sarà M., 1984. Conoscenze attuali e problemi in bionomia marina. *Nova Thalassia*, 6 (suppl.): 527-537.



- Scerbo R., Magri M., Balocchi L., Mugnai C., Barghigiani C. (2005). Mercurio nei sedimenti marini da Vada a Livorno (Mar Ligure). Biol. Mar. Medit. In corso di stampa.
- Shannon C.E. & Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Illinois Press.
- Shepard R.N., 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psichometrika*, 27: 125-140.
- Simpson E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Sordino P., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Hesionidae Sars, 1862. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, 96: 31-52.
- Sournia A. (1986). Atlas du Phytoplancton Marin. Volume I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées et Raphidophycées. Edition du CNRS
- Streble H., Krayter D., (2002). *Atlante dei microrganismi acquatici*. Franco Muzzio Editore.
- Tebble N., 1976. British Bivalve seashells (A handbook for identification). Royal Scottish Mus.: 212 pp.
- Thomas R.C. (1997). Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press.
- Todd C. D., Laverack M. S., Boxshall G. A. (1996). Coastal Marine Zooplankton (second edition). Cambridge University Press
- Tortonese E., 1965. Echinodermata. Fauna d'Italia, Calderini Ed., 6: 422 pp.
- Tregouboff G., Rose M. (1978). Manuel de Planctonologie Méditerranéenne (Tome I e II). Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- UNESCO (1995). Manual on harmful marine microalgae, Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. (eds.) IOC Manuals and Guides No. 33.
- Vatova A., 1949. La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, 1 (3): 1-110.
- Young C. M. (2002). Atlas of marine invertebrate larvae. Academic Press.

Per l'ARPAT hanno partecipato alla stesura della seguente relazione:

Fabrizio Serena, Lucio De Maio, Fabio Gambassi, Michele Magri, Andrea Valentini, Daniela Verniani, Marco Cruscanti, Luisa Gori, Antonio Melley, Francesco Lavista, Corrado Barghigiani.