

ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

AREA PER LA TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO, LAGUNARE, LACUSTRE, COSTIERO E DELL'ITTIOFAUNA
AREA MARE

**PROGRAMMA DI MONITORAGGIO
DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO
DELLA TOSCANA**

ATTIVITÀ LUGLIO 2006 - GENNAIO 2007

RELAZIONE FINALE

Marzo 2007



La presente relazione è relativa alle attività svolte da luglio 2006 a gennaio 2007 previste dalla Convenzione stipulata in data 26.04.2005 per lo svolgimento del programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero fino al 31 marzo 2006 (di cui al decreto dirigenziale RT n° 1965/2005 ed al decreto DG ARPAT n° 204/2005) e successiva proroga di 6 mesi.

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

FABRIZIO SERENA, FABIO GAMBASSI, MARCO CRUSCANTI, LUISA GORI, FRANCESCO LAVISTA
MICHELE MAGRI, ANTONIO MELLEY, ANDREA VALENTINI, DANIELA VERNIANI.



INDICE

INDICE	3
1 PARTECIPANTI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
1.1 Caratterizzazione del mezzo navale utilizzato	6
2 CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE INDAGATE	11
2.1 Caratterizzazione dell'area costiera.....	11
2.1.1 Tipologia dei bacini idrografici afferenti	11
2.1.2 Caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua	11
2.1.3 Caratterizzazione geologiche con indicazioni sulla tipologia dei substrati.....	12
2.1.4 Condizioni climatiche	13
2.1.5 Classificazione dei corsi d'acqua ai sensi D.Lgs. 152/99.	13
2.2 Tipologia ed entità delle fonti di immissione	14
2.2.1 Distribuzione della popolazione.....	14
2.2.2 Turismo	14
2.2.3 Industria e portualità.....	15
2.2.4 Agricoltura	15
2.2.5 Pressioni esercitate sui bacini afferenti	16
2.2.6 Agglomerati presenti	16
2.2.7 Tipologia ed entità degli apporti	17
2.2.8 Tipologia ed entità degli scarichi zootecnici.....	23
2.2.9 Tipologia ed entità degli allevamenti ittici in acque interne o vallicolture	23
2.2.10 Tipologia ed entità degli insediamenti industriali	24
2.2.11 Tipologia dei porti	26
2.3 Tipologia ed entità delle fonti di inquinamento da mare.....	28
2.3.1 Entità e tipologia del traffico marittimo	28
2.3.2 Tipologia ed estensione di impianti di acquacoltura	28
3 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	29
3.1 Monitoraggio acqua.....	29
3.1.1 Parametri chimico - fisici	30
3.1.2 Nutrienti	30
3.2 Monitoraggio plancton	42
3.2.1 Fitoplancton anno 2006 -2007.....	42



3.2.2	Mesozooplankton	59
4	MONITORAGGIO SEDIMENTO	68
4.1	Osservazioni generali	68
5	MONITORAGGIO BIOTA.....	69
5.1	Osservazioni generali	69
6	MONITORAGGIO BENTHOS.....	70
6.1	Posidonia oceanica	70
6.2	Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC): anno 2006	76
7	LETTERATURA CONSULTATA.....	82



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: Fabrizio Serena

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

- *Coordinatori*: Fabrizio Serena; Fabio Gambassi.
- Partecipanti:

Monitoraggio acqua

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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio plancton

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

Analisi: Daniela Verniani; Marco Cruscanti

Monitoraggio sedimento

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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio biota

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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio benthos

Prelievo e pretrattamento: 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.

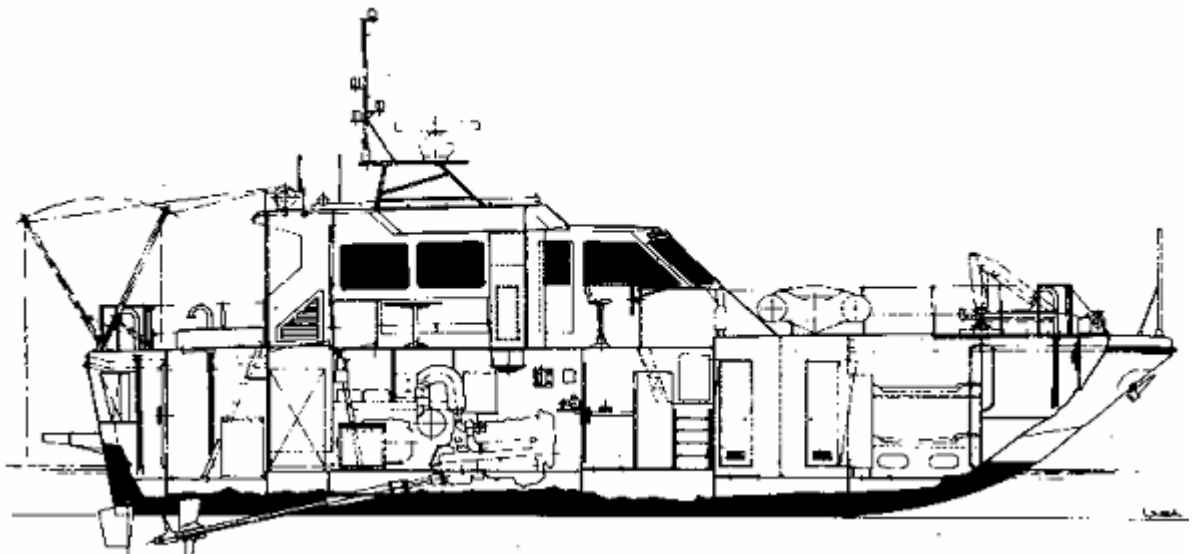


Figura 2 - M/n Poseidon: vista longitudinale con visione degli spazi interni



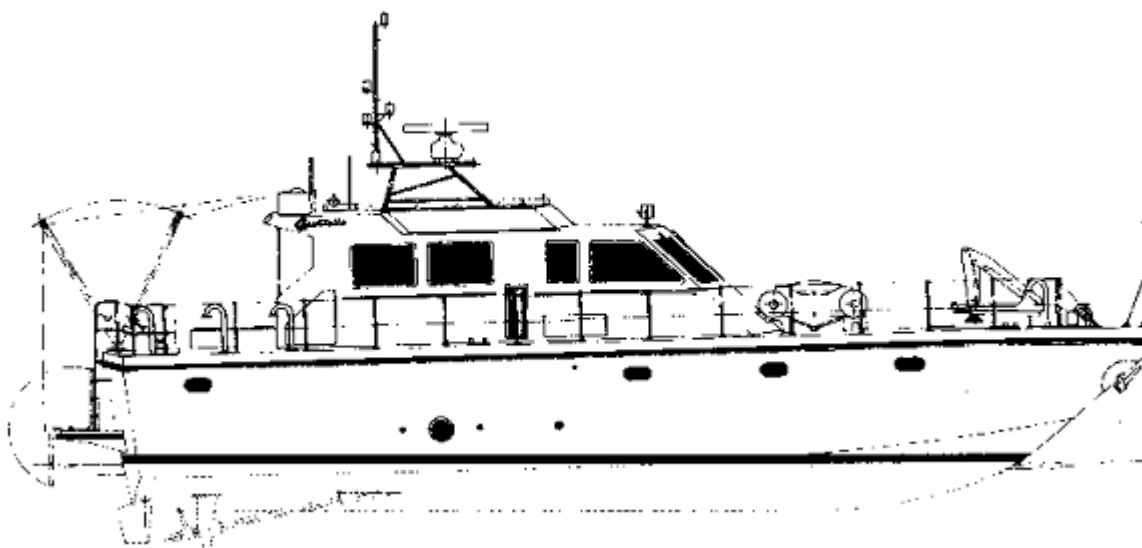


Figura 3 - M/n Poseidon: vista longitudinale

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 poppiere 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 ($\leq -15\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- 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 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 km².

Arno. Sviluppo dell'asta fluviale: 241 km. Superficie totale del bacino: 9047 km²; bacino imbrifero: 8.228 km². 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 m³ con una portata media di 100 m³/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 km². Canalizzato per quasi tutto il suo corso.

Cecina. Sviluppo dell'asta fluviale: 78 km. Superficie totale del bacino: 765 km². 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 km². 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 km².

Magra. Sviluppo dell'asta fluviale: 62 km. Superficie totale del bacino, per la parte toscana: 990 km². 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 km². Regime pluviometrico caratterizzato da marcata stagionalità

Serchio. Sviluppo dell'asta fluviale 102 km. Superficie totale del bacino 1614 km²; bacino imbrifero 1.408 km². Media annua di pioggia 1.946 mm. La portata media in prossimità della chiusura di bacino è pari a 46 m³/s. 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 prelevamento 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.

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 IMMISSIONE¹

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 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/ km² e punte di oltre 1500 Ab/km² nei comuni di Viareggio e Livorno. Nella restante parte della costa, sia continentale che insulare, le densità sono mediamente poco superiori a 120 Ab/km², cioè quasi 6 volte inferiori; il valore più elevato (Follonica) è circa la metà del valore medio riscontrato a Nord del Cecina. Per avere un termine di paragone sul significato di questi valori, si ricorda che la densità di popolazione media dell'Italia è intorno a 190 Ab/km² (tra 1991 e 1999) e quella della Toscana è poco superiore a 150 Ab/km².

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

¹ I dati sono riferiti al periodo 2000-2001



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 600 mila: 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 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'Ombrore 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.

Ombrore 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

I due punti (stima degli apporti puntuali e scarichi; impianti di depurazione) 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 dell'Arcipelago Toscano, raggruppati nella parte finale della tabella.

Tabella 1 - Potenziali depurativi dei comuni costieri toscani (aggiornamento al 2001)

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto ²	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	Fibbialla	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	<i>Totale comunale</i>			<i>81.000</i>	<i>41.400</i>

² 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



Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto ²	Ab. Eq.	
					di progetto	serviti
LU	Forte dei Marmi	Capoluogo	fanghi attivi	f. Fiumetto	10.000	2.500
LU	Pietrasanta	Pollino	fanghi attivi	f. Fornazione (Motrone)	80.000	30.000
LU	Pietrasanta	Valdicastello	fanghi attivi	fosso (Motrone)	1.000	
LU	Pietrasanta	Totale comunale			81.000	
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
PI	Pisa	Totale comunale			120.000	70.000
PI	S. Giuliano Terme					
PI	Vecchiano	Migliarino	sedimentazione	L. Massaciuccoli	3.000	250
PI	Vecchiano	Capoluogo	fanghi attivi	L. Massaciuccoli	9.000	8.500
PI	Vecchiano	Totale comunale			12.000	8.750
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
LI	Castagneto C.cci	Totale comunale			43.400	7.550
LI	Cecina	Marina di Cecina	fanghi attivi	f. Nuovo	38.500	25.000
LI	Cecina	Pacchione	fanghi attivi	f. degli Impiccati*	500	150
LI	Cecina	Totale comunale			39.000	25.150
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
LI	Livorno	Totale comunale			249.000	165.500
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	Populonia Staz.	Fanghi attivi	f. Allacciante	1.000	1.000
LI	Piombino	Riotorto	Fanghi attivi	f. Corniaccia Nord	2.000	2.000
LI	Piombino	Totale comunale			75.000	44.600
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
LI	Rosignano M.mo	Totale comunale			65.400	25.400
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



Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto ²	Ab. Eq. di progetto	serviti
LI	S. Vincenzo	Totale comunale			38.650	19.400
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
GR	Capalbio	Pescia Fiorentina	Imhoff	sub irrigazione	50	32
GR	Capalbio	Torba		c. Tagliata (L. Burano)	1.000	40
GR	Capalbio	Totale comunale			8.745	6.804
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	Cast. Pescaia	Totale comunale			35.832	10.832
GR	Follonica	Campo Cingino	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	Rispescia		f. Rispescia (Ombrone)	1.000	1.000
GR	Grosseto	Roselle	Percolatore	c. Molla (mare)	6.000	2.305
GR	Grosseto	Totale comunale			146.520	68.615
GR	Magliano	Magliano	sedimentatore	vari fossi	1.000	880
GR	Magliano	Montiano	imhoff	F. Osa	500	465
GR	Magliano	Pereta	fitodepurazione		250	230
GR	Magliano	Totale comunale			1.750	1.575
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	Orbetello	Totale comunale			25.550	16.900
GR	Scarlino	Le Case	fanghi attivi	c. Allacciante	50	50
GR	Scarlino	Puntone	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



Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto ²	Ab. Eq. di progetto	serviti
GR	Scarlino	Totale comunale			1.950	1.950
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	3	
LI	Campo nell'Elba	Seccheto	condotta sottom.	Seccheto	2	
LI	Campo nell'Elba	loc. Bonalaccia	fanghi attivi	f. della Galea	2.000	
LI	Campo nell'Elba	Totale comunale			22.000	
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	
LI	Capoliveri	loc. Vaccarelle	fanghi attivi	f. dei Salici	4.600	
LI	Capoliveri	Totale comunale			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	Totale comunale			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	Totale comunale			4.000	850
LI	Rio Marina	Capoluogo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	loc. Cavo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	Totale comunale				
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	Totale comunale			2.120	1.550
Totale Arcipelago					77.520	6.000
Totale regionale					1.543.187	784.080

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

³ 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



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
<i>MS</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>147.875</i>	<i>108.375</i>	<i>3.058</i>	<i>259.308</i>
LU	Forte dei Marmi	9.876	4.827	80	14.782
LU	Pietrasanta	25.872	16.585	1.735	44.191
LU	Camaione	32.087	20.834	2.914	55.835
LU	Viareggio	61.717	57.863	2.283	121.863
<i>LU</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>129.551</i>	<i>100.108</i>	<i>7.011</i>	<i>236.671</i>
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
<i>PI</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>137.827</i>	<i>162.747</i>	<i>28.571</i>	<i>329.145</i>
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
LI	San Vincenzo	8.385	5.822	1.406	15.613
LI	Piombino	35.826	24.305	6.996	67.127
<i>LI</i>	<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	Scarlinto	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
<i>GR</i>	<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>
	Totale regionale	888.973	790.998	344.793	2.024.763



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)

Pro v	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	Camaione	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
LI	<i>Totale provinciale</i>	<i>1.266.582</i>	<i>174.020</i>	<i>194.198</i>	<i>1.340.432</i>	<i>2.975.232</i>	<i>188.580</i>	<i>18.155</i>	<i>28.661</i>	<i>843.928</i>	<i>1.079.324</i>
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>	<i>680.215</i>	<i>50.010</i>	<i>1.301.947</i>	<i>4.438.452</i>	<i>6.470.624</i>	<i>101.276</i>	<i>9.433</i>	<i>191.163</i>	<i>2.819.671</i>	<i>3.121.543</i>
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



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	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>	<i>184.941</i>	<i>7.780</i>	<i>10.181</i>	<i>86.343</i>	<i>289.245</i>	<i>27.536</i>	<i>2.162</i>	<i>1.597</i>	<i>52.623</i>	<i>83.917</i>
	Totale regionale	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

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 m². 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 prelavorate 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 riuso 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.

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.

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.

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

Porto	Prov.	Merci e passeggeri		
		Accosti	Piazzali	
		n°	metri	m²
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

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%
TOSCANA		5.016	100%	8.336.793	100%	2.340.469	100%	484.052	100%

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

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. Ingrassio di spigole e orate.
- Isola di Capraia: intensivo, di medie dimensioni (1500 m³), costituito da gabbia galleggiante. Ingrassio di spigole e orate.
- Porto Ercole: intensivo, di grandi dimensioni, dotato di gabbie immergibili. Ingrassio 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

2006		2007	
07B	25 luglio – 8 agosto	01A	17– 19 gennaio
08A	9 – 16 agosto		
08B	24 agosto – 5 settembre		
09A	19 – 22 settembre		
09B	27 – 29 settembre		
10A	9 – 12 ottobre		
10B	18 ottobre – 3 novembre		
11A	6 – 13 novembre		
11B	21 - 29 novembre		
12A	11 - 18 dicembre		
12B	20 – 27 dicembre		



3.1.1 Parametri chimico - fisici

3.1.2 Nutrienti

Nutrienti: valutazioni complessive da luglio 2006 a dicembre 2006.

Sono state prese in esame le principali variabili statistiche calcolate sulle concentrazioni espresse in $\mu\text{mol/l}$ dei seguenti nutrienti:

azoto nitroso, nitrico, ammoniacale, azoto totale, ortofosfato, e fosforo totale.

	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	N-tot	PO_4^{3-}	P-tot
Media	0,20	0,68	0,78	6,12	0,10	0,26
Errore standard	0,02	0,11	0,14	0,58	0,01	0,04
Mediana	0,00	0,00	0,00	4,82	0,00	0,13
Deviazione standard	0,34	1,50	2,00	8,22	0,14	0,53
Varianza campionaria	0,12	2,26	3,99	67,57	0,02	0,28
Curtosi	29,18	9,31	13,57	69,94	29,94	61,34
Asimmetria	4,96	3,06	3,48	7,00	5,14	6,52
Intervallo	2,58	8,61	12,58	95,00	1,12	5,80
Minimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Massimo	2,58	8,61	12,58	95,00	1,12	5,80
Conteggio	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00
Livello di confidenza (95,0%)	0,05	0,21	0,28	1,15	0,02	0,07

Tabella 8 - Parametri statistici calcolati sulle concentrazioni dei nutrienti determinati da luglio 2006 a dicembre 2006.

Le medie dei valori calcolate sull'intero periodo evidenziano per azoto nitroso e ortofosfato concentrazioni sovrapponibili ai limiti di determinazione del metodo. La distribuzione dei dati appare non normale per tutti i parametri indagati, visto lo scostamento da zero della asimmetria e dal momento che siamo in presenza di valori maggiori di zero di tale variabile statistica la "coda" è più spostata a destra. Ad avvalorare tale ipotesi contribuisce anche il valore della curtosi che se positiva conferma che la distribuzione ha più concentrazione nelle code rispetto ad una distribuzione normale.

Analogamente a quanto osservato in passato (gennaio - dicembre 2005) i parametri che si discostano maggiormente dal valor medio sono rappresentati dall' N_{tot} , dall'azoto ammoniacale e dall'azoto nitrico.

La dispersione dei dati per l' N_{tot} e l'azoto nitrico è dovuta alla intrinseca difficoltà della metodica e alla naturale variabilità dell'operatore nella messa a punto del riduttore rameico e nella possibilità di mantenere sotto controllo la sua efficienza. È peraltro inevitabile utilizzare il



metodo manuale di preparazione del reattore se intendiamo raggiungere i limiti di determinazione richiesti a costi sostenibili.

Limitatamente all'azoto ammoniacale ciò è dovuto essenzialmente alla scarsa stabilità del campione, alla sua difficile conservazione e facilità di contaminazione.

A questo proposito il laboratorio sta valutando la possibilità di dotarsi di un sistema a iniezione a flusso continuo inerte nella parte idraulica e di operare uno studio di valutazione del metodo "*Determination of Ammonia in surface water and wastewater by flow injection analysis*" (QuickChem® Method 10-107-06-3-B) basato sulla reazione dell'ammoniaca con gli ioni ipoclorito generati in sito attraverso l'idrolisi del sodio dicoloisocianurato. Tale reazione porta alla produzione di monocloroammina che reagisce con gli ioni salicilato in presenza di sodio nitroprussiato formando un composto tipo blu-indofenolo misurabile a 660 nm.

Lo studio di fattibilità del metodo terrà conto anche dei considerevoli vantaggi legati alla sostituzione del fenolo, tossico, con il salicilato di sodio nel laboratorio di analisi.

Come già ricordato nel resoconto gennaio 2005 - marzo 2006 i parametri indagati sono stati accreditati Sinal e il dato è, a richiesta, accompagnato da incertezza di misura, per tutti i parametri sottoposti ad indagine.

Nel processo di accreditamento si è tenuto conto sia della misura delle varianze di ripetibilità di laboratorio dovute alla variabilità dell'operatore e della misura, tenute costanti le apparecchiature utilizzate, sia della varianza di taratura e di diluizione e di quella di riproducibilità, calcolata mediante l'uso di materiali di riferimento certificati. Accanto alla misura dell'incertezza così calcolata sfruttando l'approccio "metrologico" si è provveduto anche alla determinazione usando il metodo "olistico" sfruttando la partecipazione del nostro laboratorio ai "Ring Test" che oramai sono in essere dal 2002. Il laboratorio ha preferito quindi avvalersi del secondo metodo indagato che consente sia di svincolarsi dal numero di prove routinarie nel calcolo della varianza di ripetibilità, che di essere sufficientemente cautelativi nell'espressione della dispersione del valore comunicato intorno al valor vero, considerando i problemi legati all'esame di una matrice complessa, alla facilità di contaminazione del campione e ai limiti di determinazione assai bassi.

Dai metodi ICRAM, per tutti i nutrienti indagati, sono state quindi approntate delle procedure di prova integrative che dettagliano per ogni paragrafo e sottoparagrafo qualsiasi variazione apportata consentendo a qualsiasi operatore che si appresti a svolgere l'analisi di uniformare il metodo. A detti metodi è stata aggiunta la parte di valutazione statistica a cui siamo giunti solo dopo una serie di prove condotte in laboratorio e avvalendosi dei circuiti interlaboratoriali Quasimeme e da un pò l'espressione del risultato riporta anche la misura dell'incertezza.

Tali misure sono soggette a revisione periodica e i metodi sono sottoposti annualmente a riesame qualitativo.

Il riesame dei metodi durante l'anno 2006 ha comportato tra l'altro l'applicazione di alcuni test statistici per valutare la significatività delle serie di dati ottenuti in fase di taratura dell'accuratezza della lunghezza d'onda di ogni spettrofotometro utilizzato per le singole determinazioni e dello spettrofotometro tarato di riferimento.

Obiettivo di tale elaborazione è quello di valutare l'impatto dei carichi di nutrienti e di esaminarne l'andamento spazio temporale.

Si è proceduto all'esame dei nutrienti indagati secondo due aspetti:

- concentrazione media in $\mu\text{moli/l}$ verso tempo (luglio 2006 - dicembre 2006)
- andamento della concentrazione lungo il transetto



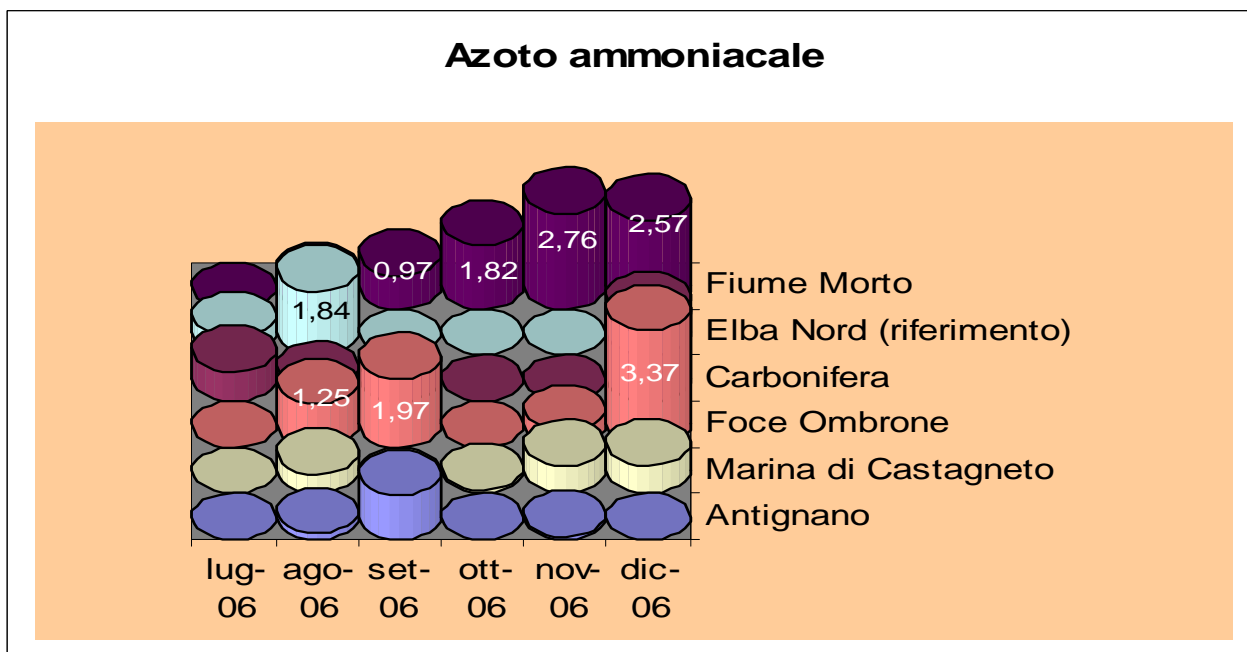


Grafico 1 - Andamento della concentrazione media di azoto ammoniacale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.

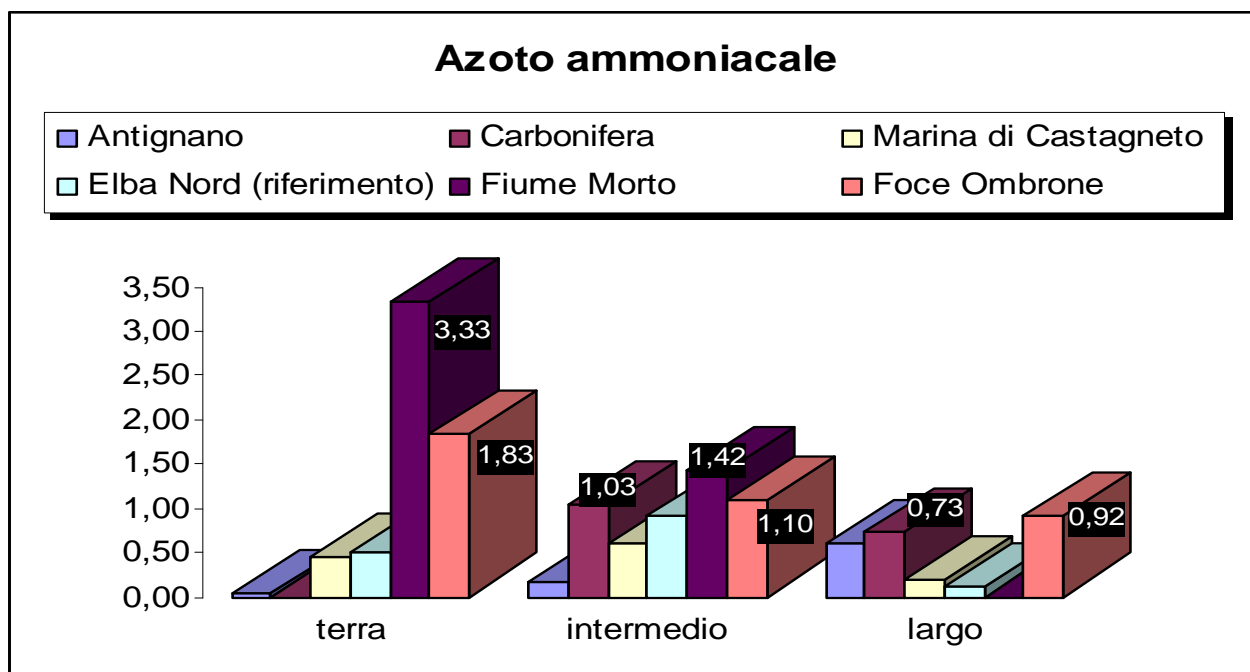


Grafico 2 - Andamento della concentrazione media di azoto ammoniacale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



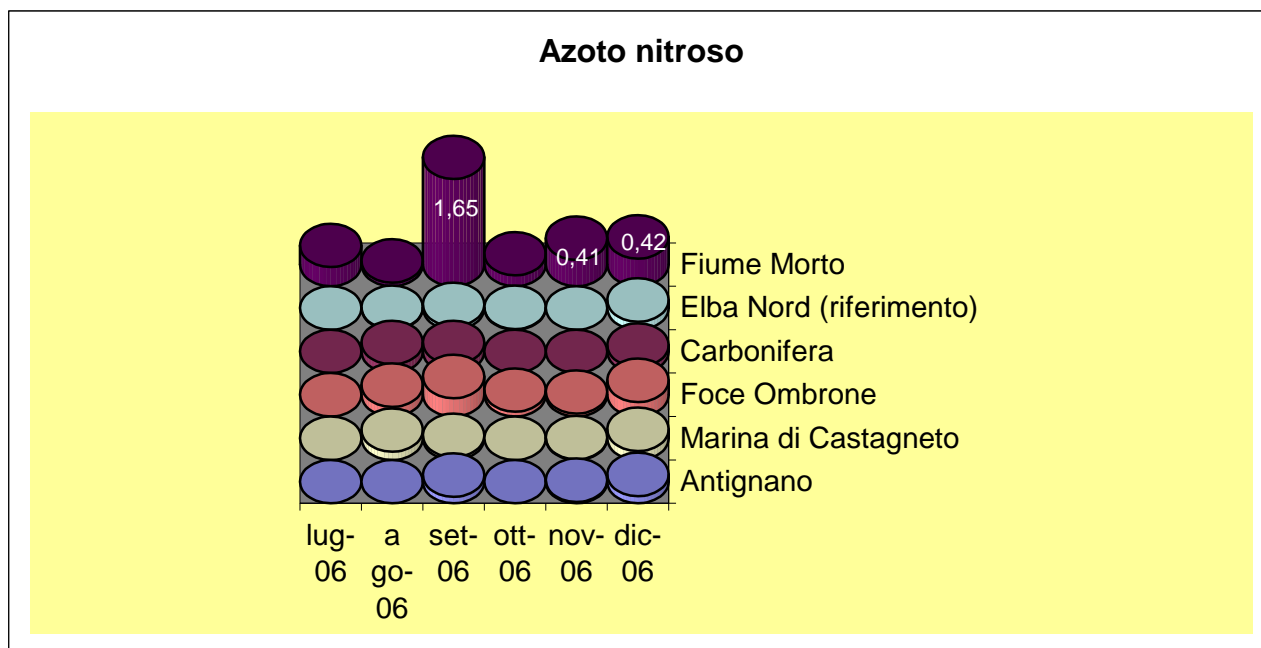


Grafico 3 - Andamento della concentrazione media di azoto nitroso (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.

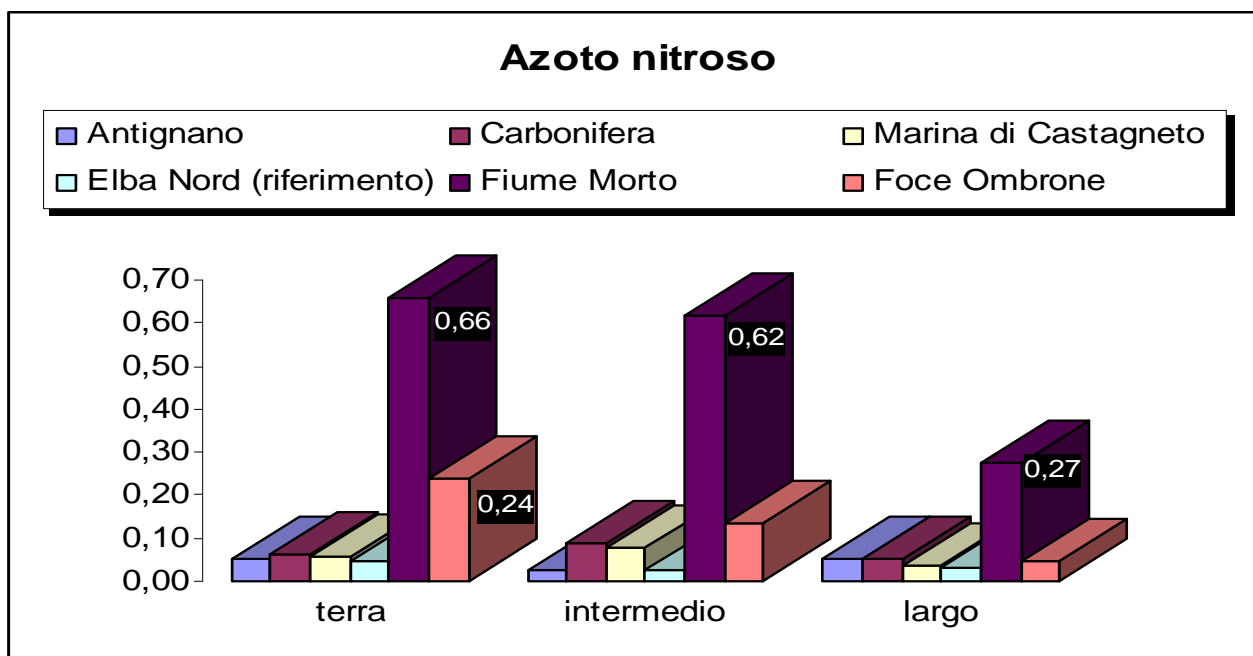


Grafico 4 - Andamento della concentrazione media di azoto nitroso (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



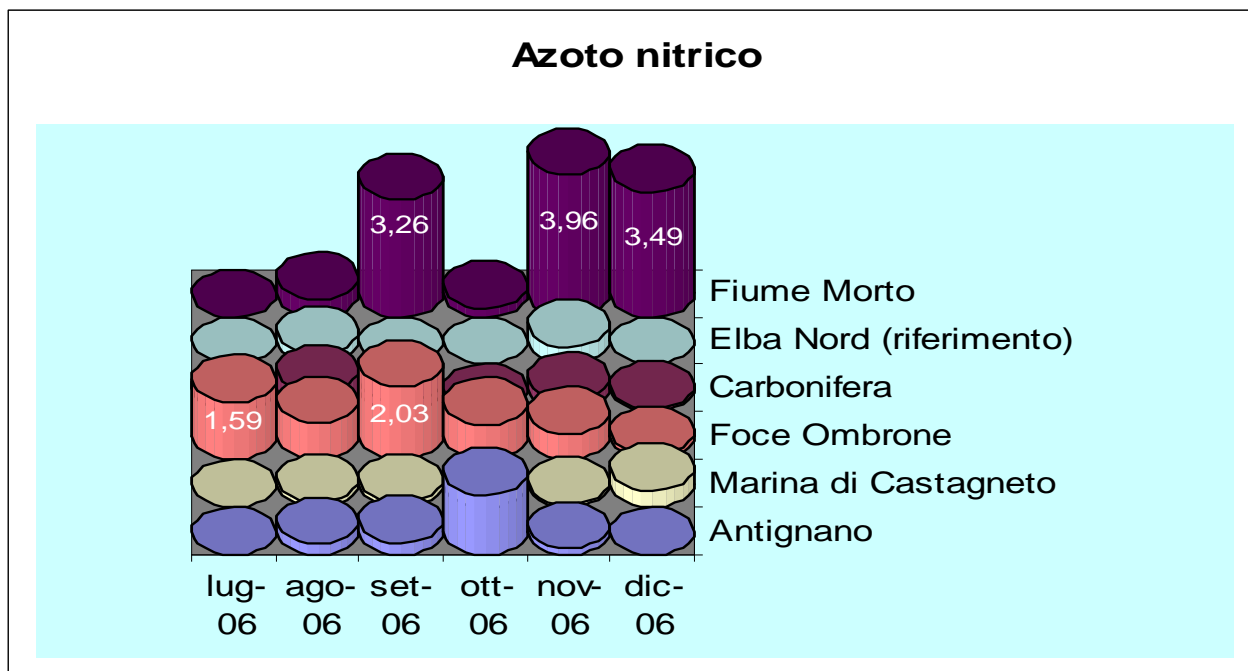


Grafico 5 - Andamento della concentrazione media di azoto nitrico (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.

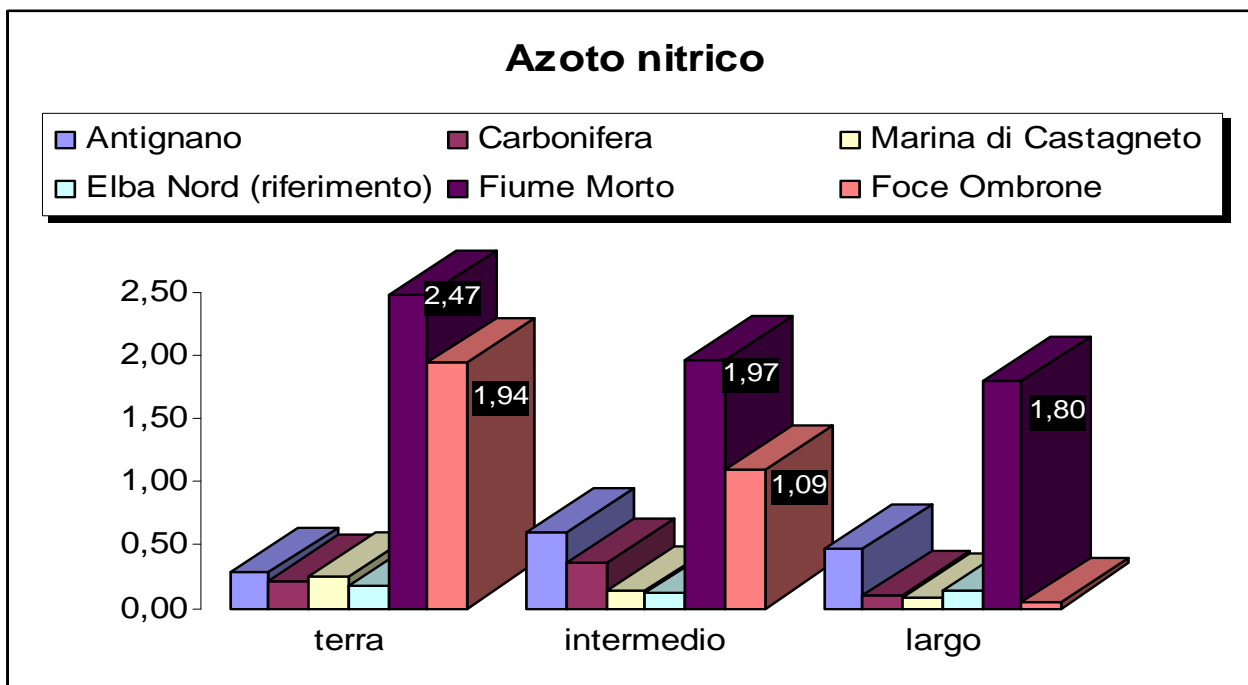


Grafico 6 - Andamento della concentrazione media di azoto nitrico (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



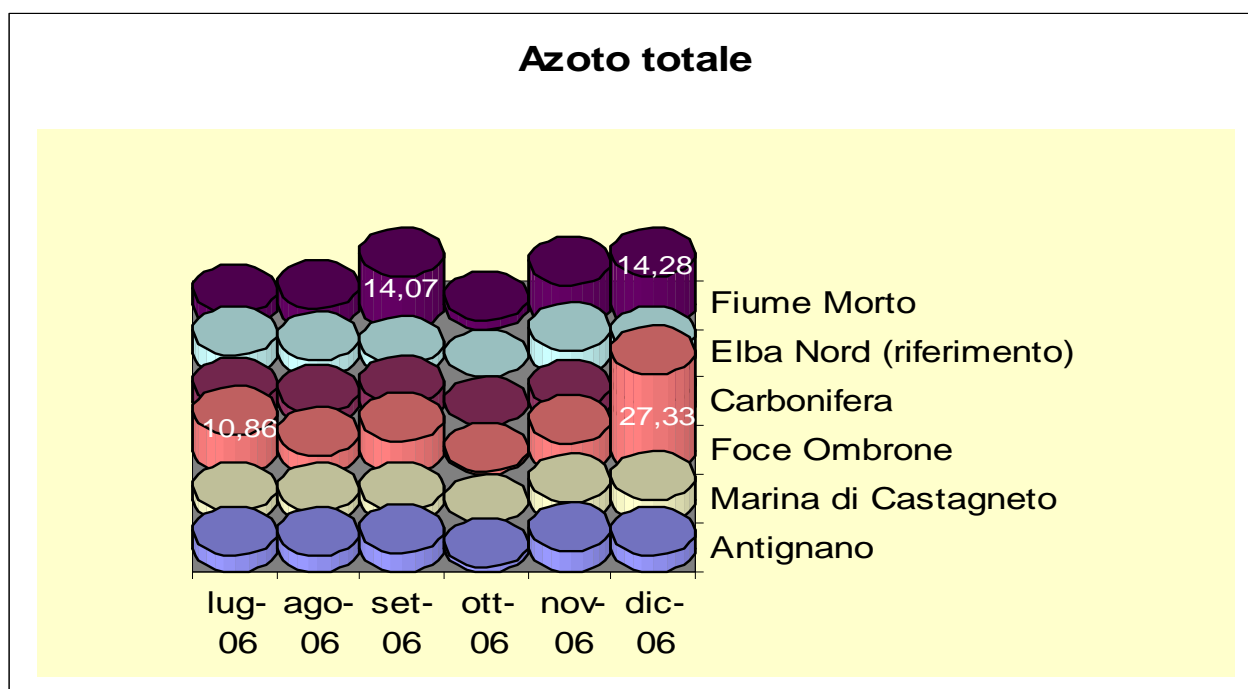


Grafico 7 - Andamento della concentrazione media di azoto totale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.

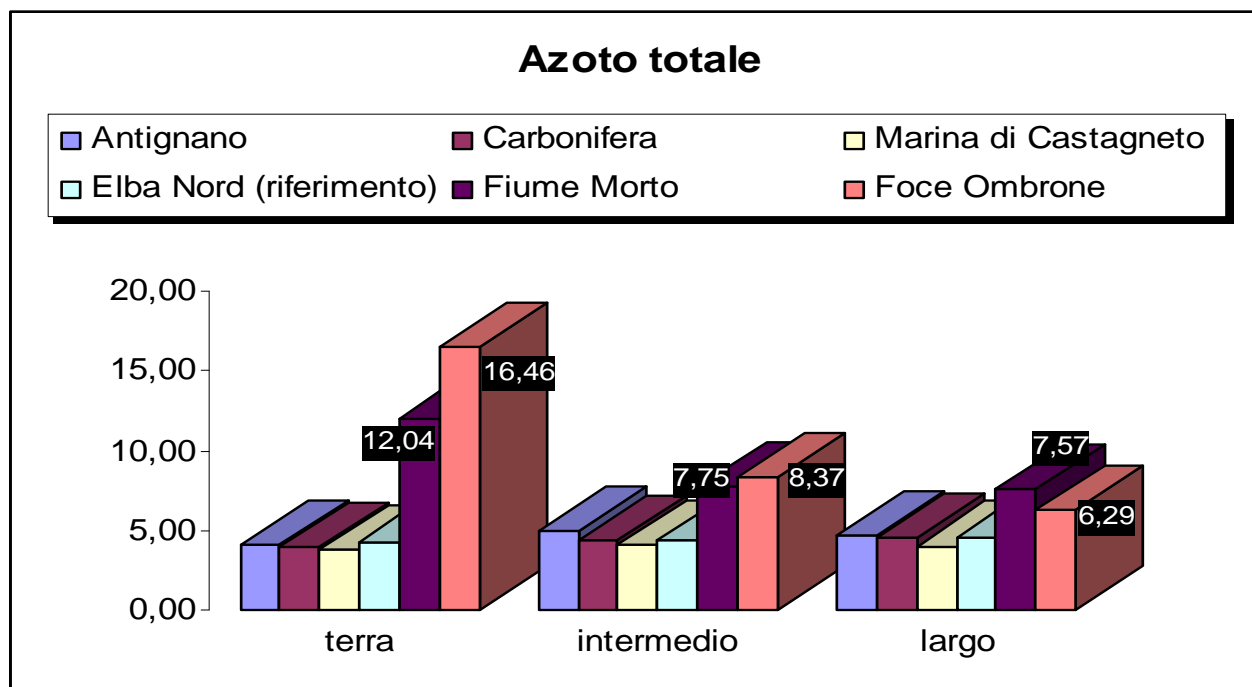


Grafico 8 - Andamento della concentrazione media di azoto totale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



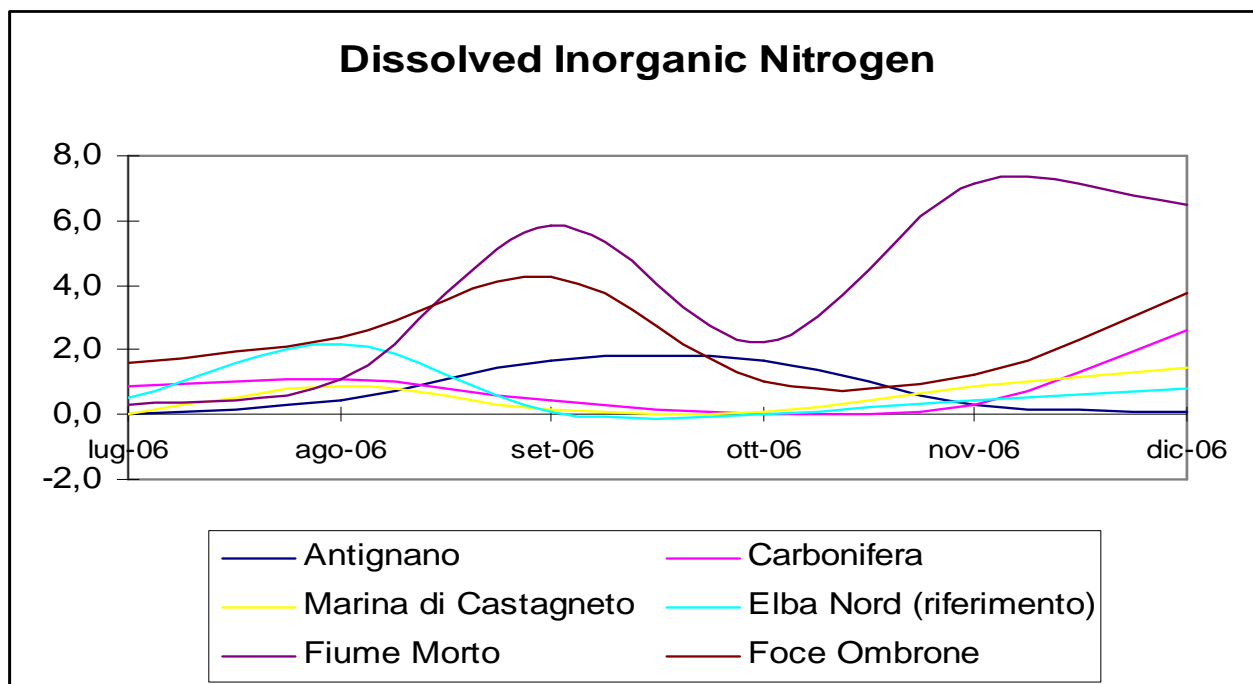


Grafico 9 - Andamento della concentrazione media di DIN (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

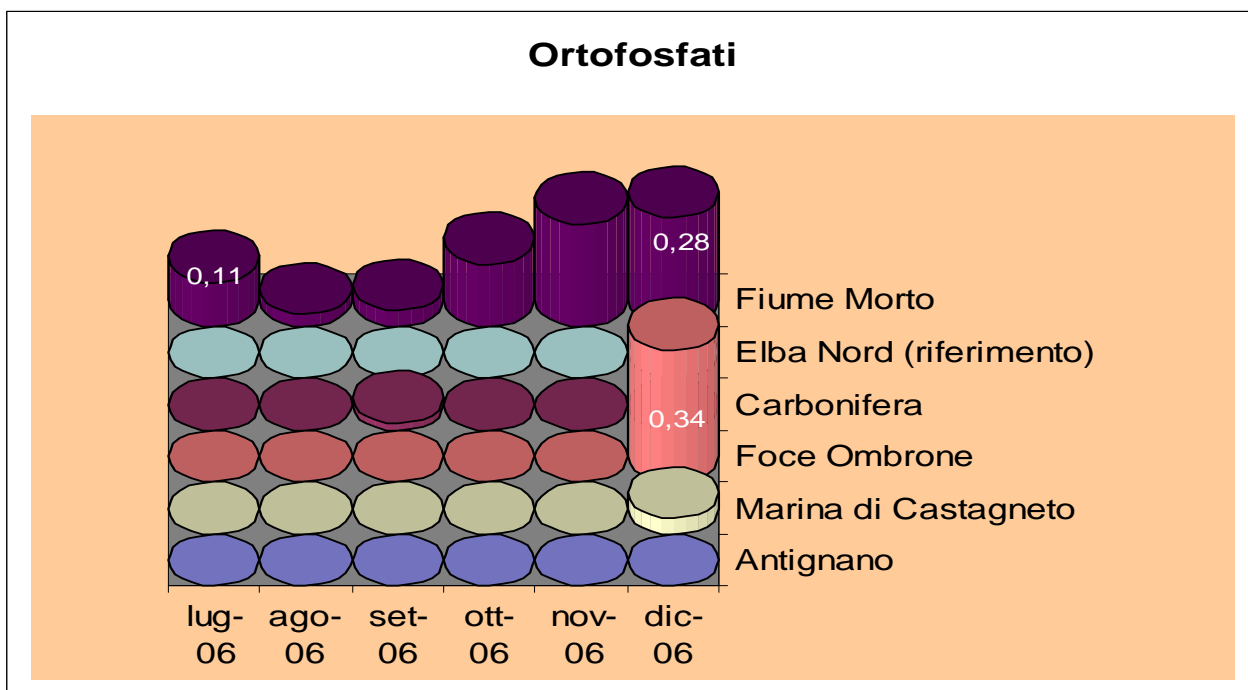


Grafico 10 - Andamento della concentrazione media di Ortofosfato (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.



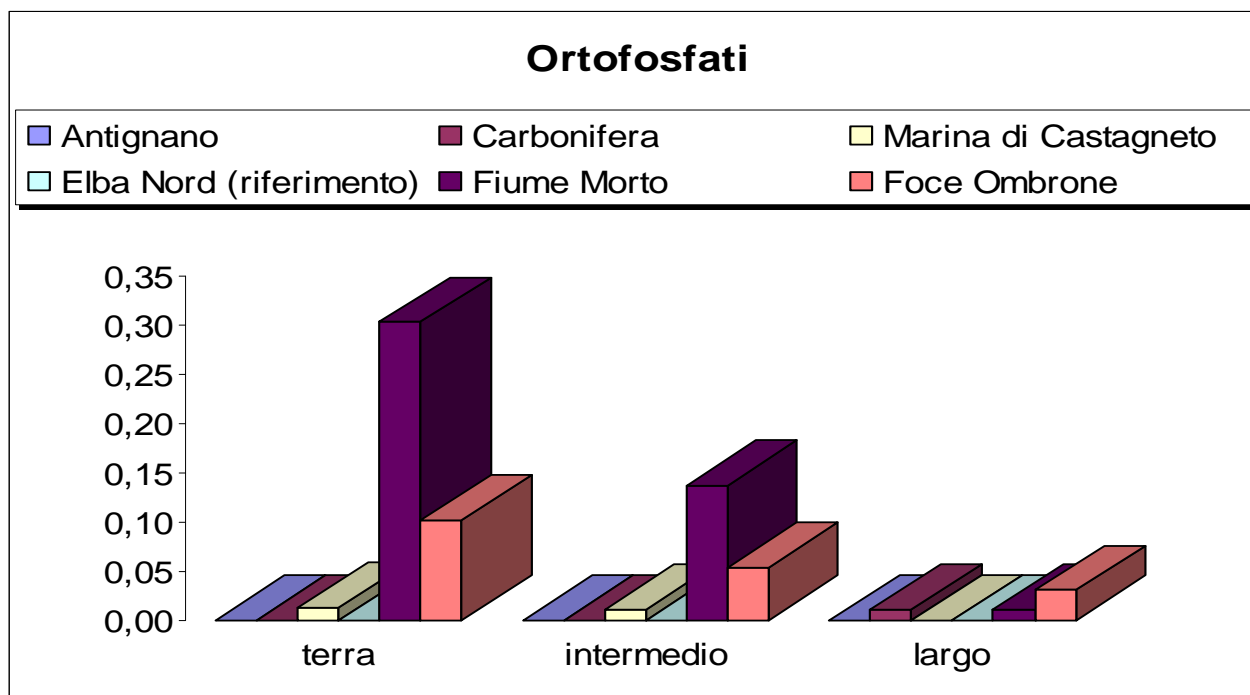


Grafico 11 - Andamento della concentrazione media di Ortofosfato (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

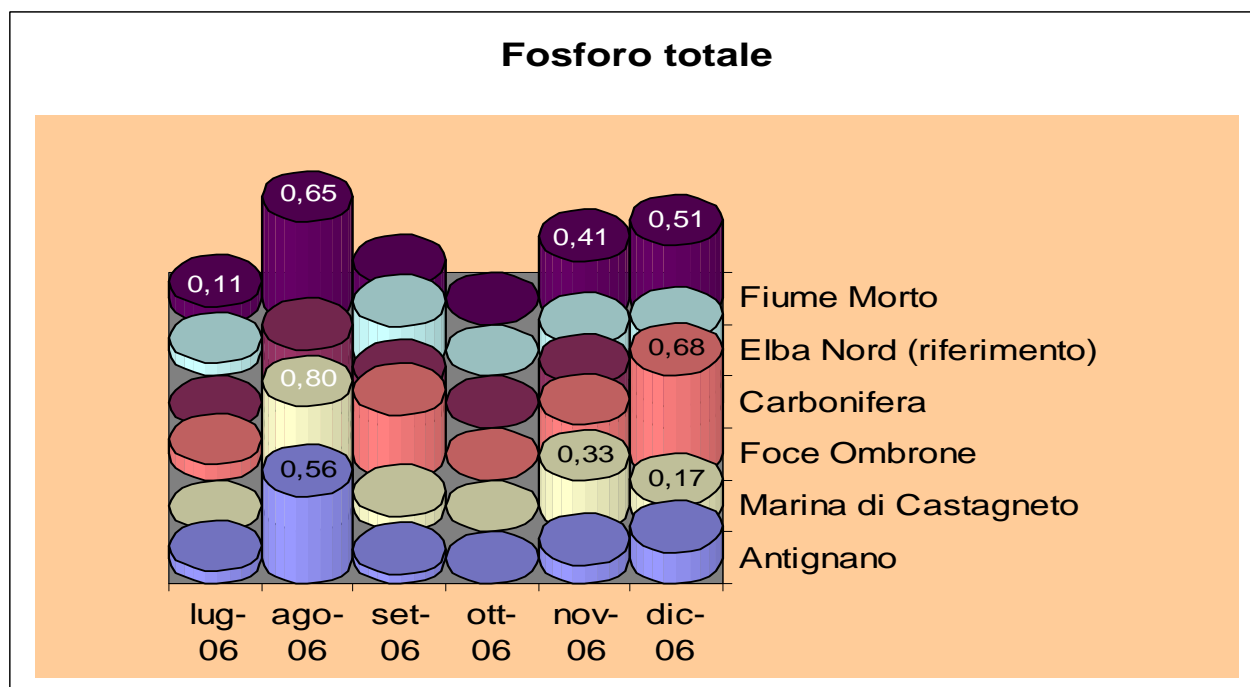


Grafico 12 - Andamento della concentrazione media di P totale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006.



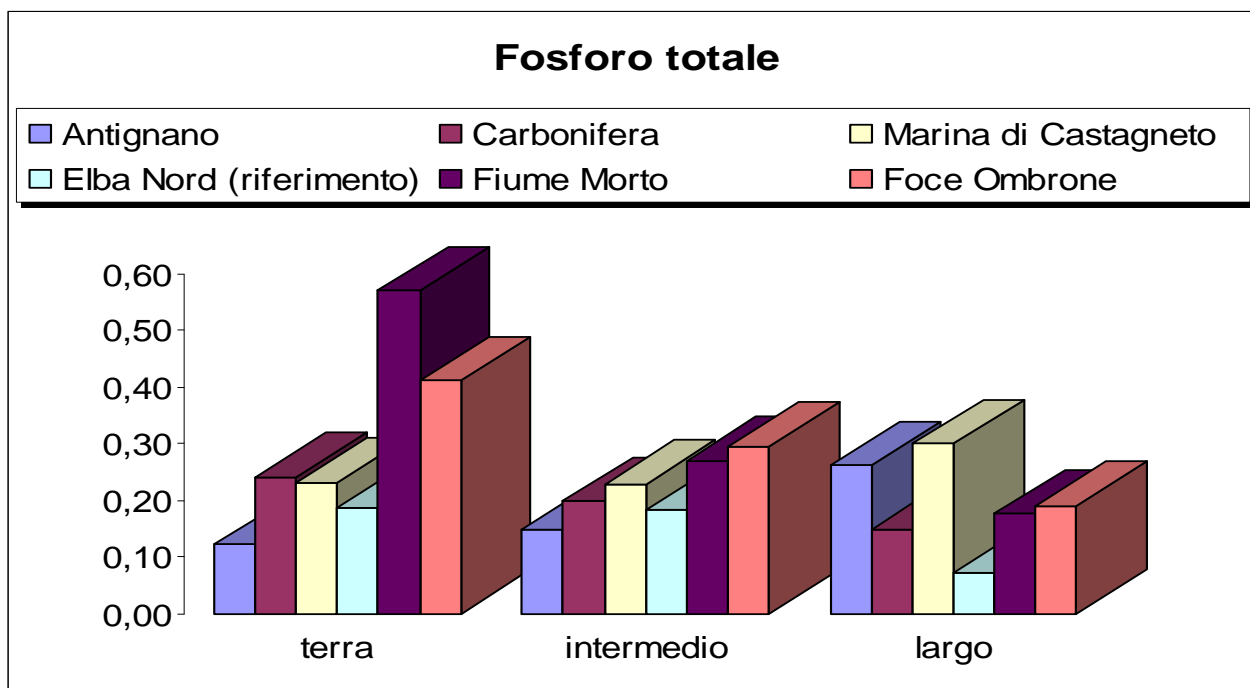


Grafico 13 - Andamento della concentrazione media di fosforo totale (μM) nel periodo luglio 2006 - dicembre 2006, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

Conclusioni

Al termine dell'anno 2006 sono stati elaborati i dati delle concentrazioni di azoto ammoniacale, nitroso, nitrico, ortofosfato, azoto e fosforo totale. È stato esaminato il trend terra-largo e la fluttuazione temporale.

I valori medi di azoto ammoniacale variano tra il limite di determinazione ($0.5 \mu\text{mol/l}$) e $3.4 \mu\text{mol/l}$. È possibile osservare, limitatamente al transetto Fiume Morto, un trend stagionale in crescita procedendo dall'estate all'inverno. Per gli altri transetti è osservabile un generale incremento nei mesi agosto e settembre e in novembre e dicembre.

La seconda stazione più rappresentativa della costa, Foce Ombrone, presenta picchi in corrispondenza della tarda estate e dell'inverno periodo in cui si raggiungono i massimi assoluti. I transetti a basso carico trofico rimangono (in ordine crescente di contenuto ammoniacale) quelli di Antignano, Castagneto, Elba nord (riferimento) e Carbonifera.

Inoltre, dove i valori sono più elevati (Fiume Morto e Foce Ombrone) si assiste ad un calo procedendo verso il largo, per i restanti transetti l'andamento non è rispettato.

Le concentrazioni di azoto nitroso, eccezion fatta per i transetti Fiume Morto e Foce Ombrone coincidono con i limiti di determinazione del metodo analitico. Per entrambi i transetti le più alte concentrazioni in assoluto si raggiungono in settembre (rispettivamente 1.65 e $0.28 \mu\text{mol/l}$) e, sebbene in misura ridotta in dicembre 2006 (rispettivamente 0.42 e $0.22 \mu\text{mol/l}$).

Per tali transetti si nota un trend in diminuzione dalle stazioni di terra verso quelle del largo.

Relativamente al transetto a maggior carico trofico (Fiume Morto) si assiste a picchi di concentrazione in corrispondenza dei mesi settembre, novembre e dicembre. Per Foce Ombrone a settembre. In entrambi i casi c'è un trend in diminuzione procedendo verso il largo, la stazione



localizzata in posizione intermedia presenta in entrambi i casi concentrazioni più vicine a quella di terra che a quella del largo.

Per l'azoto totale si sono registrati picchi a luglio, a settembre e a dicembre limitatamente ai transetti di Foce Ombrone e Fiume Morto. Per i restanti transetti le concentrazioni si attestano intorno a 4.0 $\mu\text{mol/l}$ circa la metà di quanto registrato nelle stazioni precedentemente ricordate. Per tali transetti il trend si conferma in calo procedendo da terra al largo.

Il DIN (Dissolved inorganic Nitrogen) rappresenta un parametro importante ai fini della classificazione trofica delle acque. Concorre con la clorofilla *a*, l'Ossigeno disciolto e il Fosforo totale alla determinazione del TRIX, l'indice utilizzato per stabilire la qualità delle acque ai sensi del D.Lgs 152/06.

Come si può osservare dal grafico 9 ci sono sostanzialmente due tipi di andamenti temporali: uno accomuna i transetti Foce Ombrone e Fiume Morto, l'altro comprende i transetti di Marina di Castagneto, Carbonifera, Elba nord. Tra le meno eutrofizzate Elba nord e Antignano sono le più rappresentative: mostrano valori di DIN rispettivamente di 0.02 mg/l e 0.03 mg/l.

I valori medi di ortofosfato sono in genere inferiori ai limiti di determinazione del metodo (0.1 $\mu\text{mol/l}$) in tutti i transetti fatta eccezione per Fiume Morto e Foce Ombrone. Quest'ultimo presenta in inverno 3.4 $\mu\text{mol/l}$.

L'andamento stagionale è ben osservabile nel transetto Fiume Morto in cui le concentrazioni stimate, eccezion fatta per la tarda estate, sono sempre al di sopra dei limiti: si assiste infatti ad una graduale risalita dall'estate procedendo in autunno che culmina con i mesi invernali.

Rispetto a quanto osservato per l'ortofosfato, le concentrazioni sono rappresentative in agosto per i transetti Antignano, Marina di Castagneto e Fiume Morto. Da evidenziare è il lento calo procedendo verso la fine dell'estate e la ripresa col sopraggiungere dell'autunno che per l'ortofosfato era evidenziabile solo per il transetto Fiume Morto. Le concentrazioni per i soliti transetti a maggior contenuto si aggirano su valori pari a circa 7-8 volte il limite di determinazione del metodo, per i transetti restanti concentrazioni rilevanti (5 volte il limite di determinazione e oltre) in estate a Marina di Castagneto e Antignano.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale si osserva quanto per gli ortofosfati: là dove le concentrazioni sono rilevanti il trend è in diminuzione procedendo da terra verso il largo, negli altri casi si assiste ad una situazione più complessa.

Come osservabile dai grafici e rilevabile anche durante il corso dei monitoraggi effettuati in passato i livelli di concentrazione dei nutrienti esaminati consentono di distinguere sostanzialmente due tipi di situazione:

- una che comprende i transetti di Fiume Morto e Foce Ombrone che si colloca tra l'oligotrofo e il mesotrofico,
- un'altra che raggruppa gli altri transetti a minor contenuto trofico dove comunque è evidenziabile un ulteriore sottogruppo che potremmo definire ultraoligotrofo costituito da Carbonifera e Marina di Castagneto che, sebbene di poco, registrano ancora più bassi livelli trofici nell'ambito di tale raggruppamento di tipo oligotrofo.

Tra i parametri più rappresentativi si confermano ancora l'azoto nitrico, l'azoto totale e il fosforo totale che evidenziano, quasi in tutte i transetti un andamento temporale tale per cui le più alte concentrazioni si rilevano nella tarda estate e in inverno con trend in diminuzione terra



largo ben evidenziabili nei transetti Fiume Morto e Foce Ombrone. Per i restanti transetti la stazione intermedia presenta concentrazioni prossime a quella a terra.

Si riportano di seguito i dati relativi ai silicati

	Stazioni sotto costa	Si $\mu\text{M/L}$	Stazioni intermedie	Si $\mu\text{M/L}$	Stazioni a largo	Si $\mu\text{M/L}$
07B	AT01	0,70	AT10	0,00	AT22	0,00
08A		0,00		0,00		0,00
08B		0,00		0,00		0,00
09A		1,10		0,00		0,00
09B		0,00		0,00		0,00
10A		1,90		0,40		0,00
10B		0,00		0,00		0,00
11A		0,00		0,00		0,00
11B		0,00		0,00		0,00
12A		0,36		0,61		0,46
12B		3,70		0,90		0,50
01A		0,78		1,18		0,74
07B	CR05	0,40	CR10	0,60	CR30	0,50
08A		0,00		0,00		0,00
08B		0,00		0,00		0,00
09A		0,00		0,00		0,00
09B		0,00		0,00		0,00
10A		0,90		0,80		0,00
10B		0,00		0,00		0,00
11A		0,00		0,00		0,00
11B		0,00		0,00		0,00
12A		1,86		1,39		1,25
12B		1,30		1,00		1,00
01A		0,22		1,03		0,85
07B	CS05	0,00	CS10	0,00	CS30	0,00
08A		0,00		0,00		0,00
08B		0,00		0,00		0,00
09A		0,00		0,00		0,00
09B		0,00		0,00		0,00
10A		0,00		0,70		0,00
10B		0,00		0,00		0,00
11A		0,00		0,00		0,00
11B		0,00		0,00		0,00
12A		4,07		1,43		0,64
12B		3,50		0,80		0,50
01A		0,78		0,83		0,75
07B	EB01	0,00	EB10	0,00	EB20	0,00
08A		0,00		0,00		0,00
08B		0,00		0,00		0,00
09A		0,00		0,00		0,00
09B		0,00		0,00		0,00
10A		0,00		0,00		0,00
10B		0,00		0,00		0,00
11A		0,00		0,00		0,00
11B		0,00		0,00		0,00
12A		0,00		0,00		0,00
12B		0,90		1,00		1,20
01A		0,83		0,89		0,81



	Stazioni sotto costa	Si $\mu\text{M/L}$	Stazioni intermedie	Si $\mu\text{M/L}$	Stazioni a largo	Si $\mu\text{M/L}$
07B	FM05	0,60	FM10	1,00	FM30	0,00
08A		0,90		0,40		0,40
08B		0,00		0,00		0,00
09A		3,60		3,00		1,50
09B		0,00		0,00		0,00
10A		3,20		2,50		1,10
10B		0,00		0,00		0,00
11A		0,00		0,00		0,00
11B		2,65		0,72		1,25
12A		5,00		5,11		5,28
12B		2,80		1,70		4,80
01A		1,78		1,10		1,64
07B	FO05	0,00	FO10	0,00	FO30	0,00
08A		4,70		3,50		0,00
08B		0,00		0,00		0,00
09A		1,20		0,00		0,00
09B		5,60		9,30		0,00
10A		3,00		0,60		0,70
10B		0,00		0,00		0,00
11A		1,40		0,00		0,00
11B		0,00		0,00		0,00
12A		75,89		24,82		6,75
12B		1,30		1,30		1,20
01A		0,80		0,81		0,69



3.2 MONITORAGGIO PLANCTON

Tabella 9 - 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 10 - Campagne di campionamento del periodo in esame:

2006		2007	
07B	25 luglio – 8 agosto	01A	17– 19 gennaio
08A	9 – 16 agosto		
08B	24 agosto – 5 settembre		
09A	19 – 22 settembre		
09B	27 – 29 settembre		
10A	9 – 12 ottobre		
10B	18 ottobre – 3 novembre		
11A	6 – 13 novembre		
11B	21 - 29 novembre		
12A	11 - 18 dicembre		
12B	20 – 27 dicembre		

Totale campagne effettuate: 12

Totale campioni fitoplancton analizzati: 72

Totale campioni zooplancton analizzati: 72

3.2.1 Fitoplancton anno 2006 -2007

L'andamento generale del fitoplancton conferma quanto rilevato nei precedenti anni ovvero una fisionomia stagionale dei popolamenti, rappresentata da picchi nel periodo estivo e autunnale (grafico 15): avendo effettuato i campionamenti a partire dalla seconda quindicina di luglio non è possibile rilevare la presenza di un eventuale picco primaverile



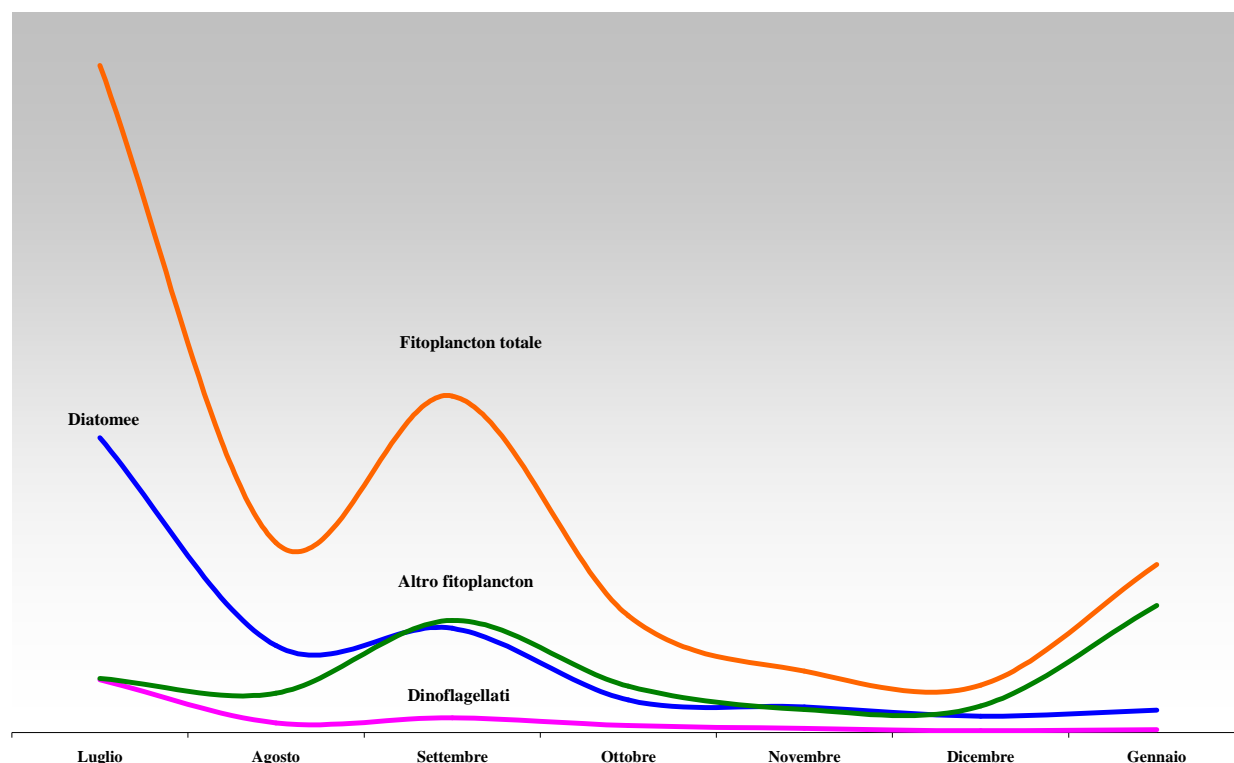


Grafico 15 - Andamenti mensili del fitoplanctonico della costa toscana anno 2006 -2007

Si evidenzia però che in:

- Estate: si assiste ad un aumento di diatomee e dinoflagellati che culmina nel mese di **luglio**. Anche per questo anno il valori più alti di concentrazione delle Dinophyceae si hanno in estate, nel mese di luglio;
- Autunno: nel mese di **settembre** si assiste ad un aumento cospicuo della componente dell'altro fitoplancton e delle Bacillariophyceae.

I valori medi della densità fitoplanctonica per singola stazione indicano che in prossimità delle foci dei fiumi ci sono concentrazioni maggiori, mentre i valori più bassi sono rilevati a Marina di Castagneto e presso la stazione di controllo situata all'Isola d'Elba (grafico 16).



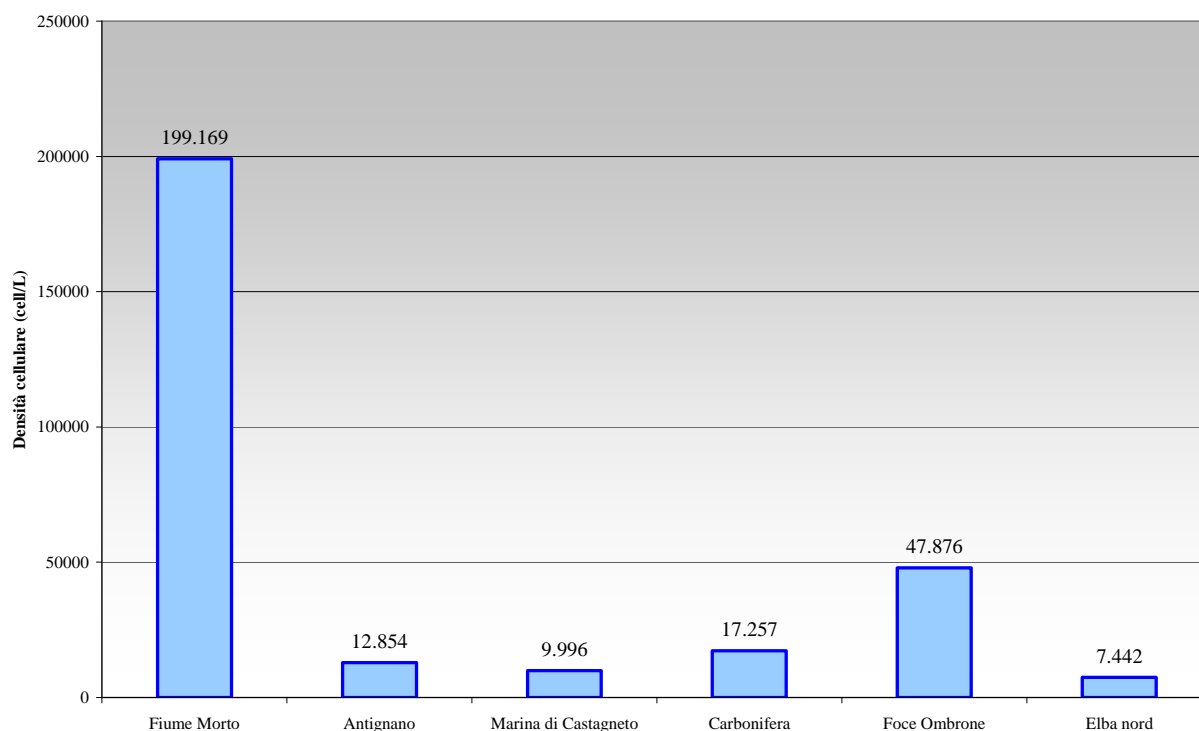


Grafico 16 – Dati medi di concentrazione del fitoplancton per singola stazione monitorata

Vediamo in dettaglio il comportamento delle singole stazioni.

A. 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 media di 10^5 cell/L durante tutto l'anno (il valore più alto è di 8.458.409 cell/L – 1° campagna di settembre). Questa stazione presenta un popolamento fitoplanctonico costituito soprattutto da diatomee (78%) seguito dall' altro fitoplancton, 22%, mentre i dinoflagellati sono circa 1%.

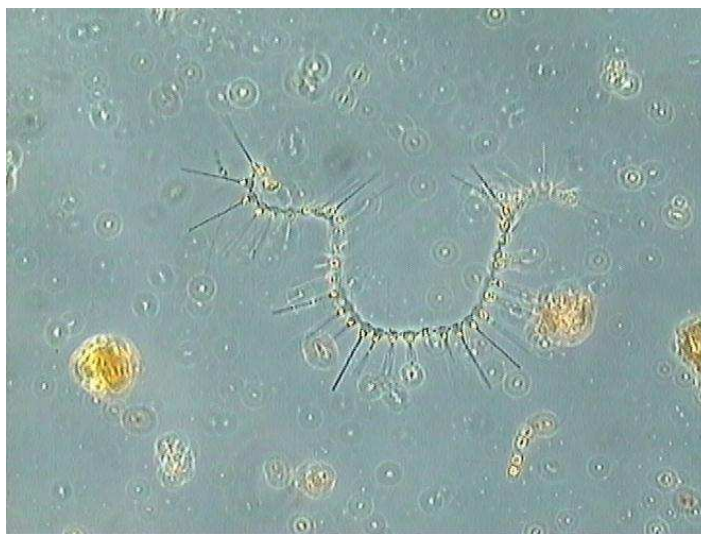


Figura 1 - *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round



Diatomee. (66 taxa). Le specie più abbondanti per quanto riguarda le diatomee sono *Asterionellopsis glacialis* (figura 1), *Chaetoceros curvisetus*, e *Thalassiosira* sp.: tutte e tre le specie hanno valori intorno a 1.500.000 cell/L nella I campagna del mese di settembre (figura 4). Da notare inoltre, che *Skeletonema costatum*, presente praticamente durante tutto il periodo monitorato, è tipico della zona a nord della toscana: si trova infatti solo alla Foce del Fiume Morto ed ad Antignano e solo una volta a Marina di Castagneto. In generale le diatomee centriche sono più abbondanti rispetto alle pennate: in entrambi i casi la densità più alta si ha nel periodo estate inizio autunno in corrispondenza della I campagna di settembre (grafico 17).
Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Attheya* sp., *Chaetoceros holsaticus*, *Lithodesmium* sp., *Rhizosolenia imbricata*.

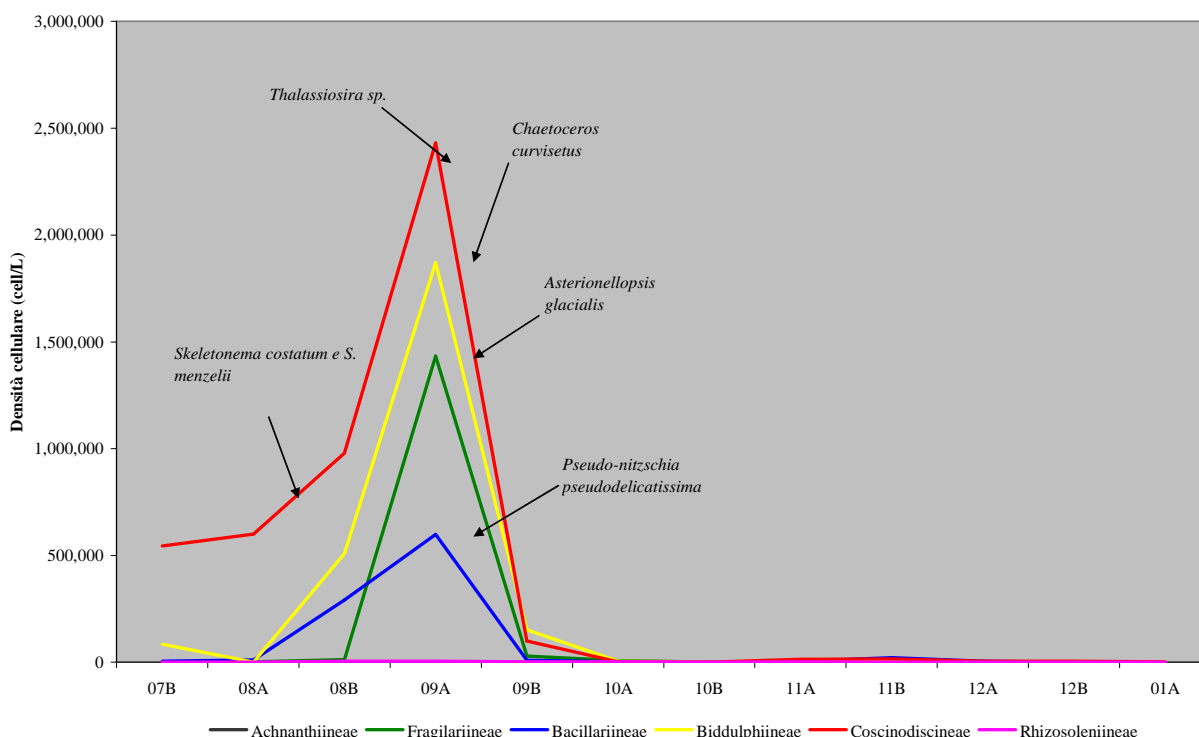


Grafico 17 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Fiume Morto

Dinoflagellati. (49 taxa). I dinoflagellati presentano due picchi di abbondanza nel periodo in esame: il primo a settembre (09A, 34.300 cell/L) per la presenza di *Scrippsiella trochoidea* (25.600 cell/L), e il secondo in ottobre (10A, 22.800 cell/L) a seguito della comparsa di *Gonyaulax monocantha* (20.800 cell/L).

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Achradina pulchra*, *Dinophysis ovum*, *Gonyaulax monocantha*, (settembre); *Gymnodinium ostensfeldii*, *Prorocentrum* sp., *Protoperidinium conicum*, *Protoperidinium minutum*

Altro fitoplancton. (61 taxa). L'altro fitoplancton ha la densità più alta a settembre (09A) con 2.084.752 cell/L: l'incremento è dovuto essenzialmente alle Cryptophyceae (1.573.659 cell/L), quindi, da piccoli flagellati, Prasinophyceae e Chlorophyceae. I cooccolitoforidei sono più abbondanti nel mese di ottobre (25.200 cell/L), le Cyanophyceae in novembre (10.500 cell/L).



Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Calyptrorphaeraceae indet.*, (agosto); *Euglena sp* (settembre); *Carteria sp* (ottobre); *Euglena viridis*, *Actinomonas sp.*, (novembre); *Spirulina sp.* (dicembre); *Ebria tripartita* (gennaio).

B. Antignano

La stazione AT01, Antignano (a sud di Livorno), presenta un popolamento fitoplanctonico costituito soprattutto da diatomee, 85% quindi da altro fitoplancton, il 12%, mentre i dinoflagellati sono circa 3%.

Diatomee. (49 taxa). La specie più abbondante è *Skeletonema costatum* presente solo da luglio ad agosto (536.326 cell/L a luglio). Compaiono unicamente nella campagna di luglio le specie *Chaetoceros wighamii* (21.800 cell/L) e *Thalassiosira rotula* (11.200 cell/L). *L. danicus*, è presente in tutto il periodo estate –autunno. In generale le diatomee centriche sono abbondanti durante tutto il periodo in esame tranne che nei mesi autunno-inverno periodo in cui si verifica un calo generale di questa classe.

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Coscinodiscus sp.* (novembre), *Melosira sp.* (settembre), *Striatella unipunctata* (novembre, figura 2)



Figura 2 - *Striatella unipunctata* (Lyngbye) Agardh, 1832

Dinoflagellati. (37 taxa). La concentrazione più alta di dinoflagellati si registra nel mese di luglio con il valore massimo di 14.000 cell/L, mentre nel restante periodo in esame i valori sono molto più bassi. I taxa che concorrono all’aumento di questa componente fitoplanctonica sono *Gymnodinium spp.*, *Alexandrium spp.*, *Heterocapsa minima*, e *Scrippsiella trochoidea*. A luglio sono stati inoltre rinvenuti 200 cell/L di *Ostreopsis sp.*

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Amphidinium acutum* (ottobre), *Oxitoxum globosum* (novembre), *Protoperidinium granii* (novembre), *Pselodinium sp.* (novembre), *Pyrocystis sp.* (novembre)

Altro fitoplancton. (24 taxa). L’altro fitoplancton (grafico 18) è caratterizzato soprattutto da Cryptophyceae che in settembre e in ottobre aumentano fino a determinare le concentrazioni più grandi registrate per questa stazione (rispettivamente 27.160 cell/L e 22.40 cell/L). Le Cyanophyceae sono presenti soprattutto in settembre (09A, 6.000 cell/L), mentre i cocciloforidi sono abbondanti soprattutto nel periodo tardo estivo (3240 cell/L).



Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. Non ci sono taxa unici per questa stazione.

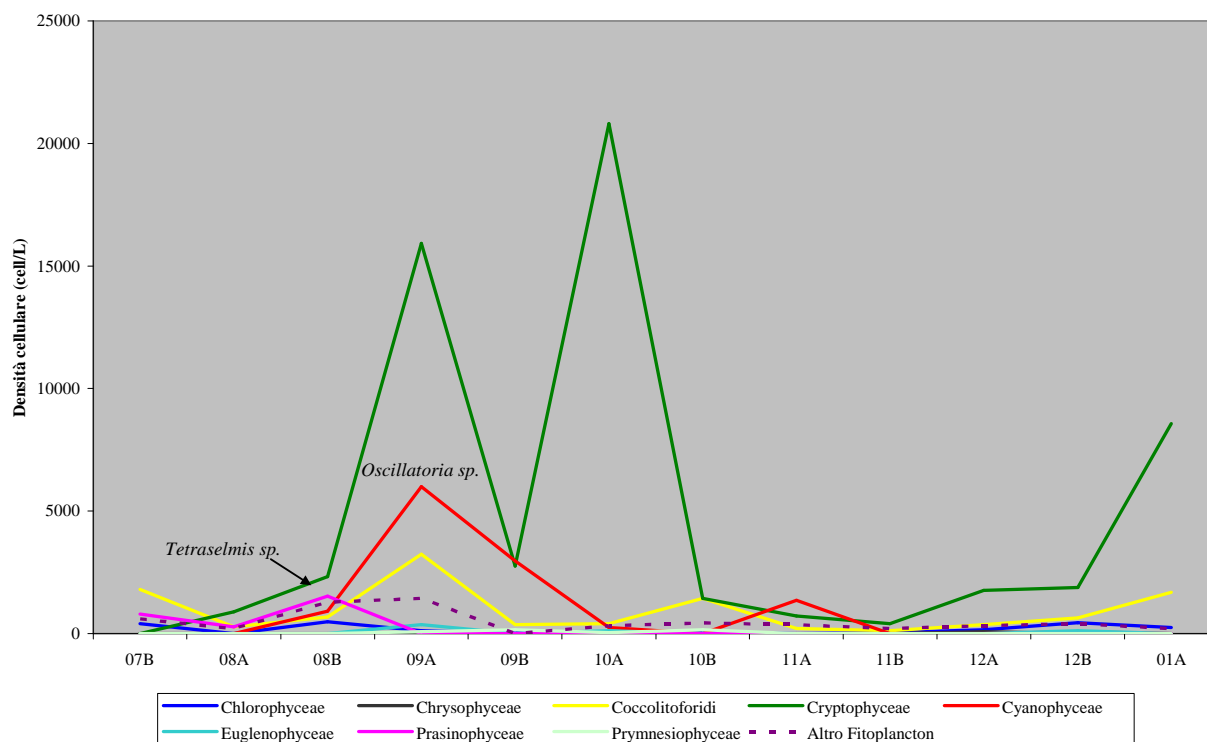


Grafico 18 - Andamenti dell'altro fitoplancton nella stazione di Antignano

C.Marina di Castagneto

La stazione CS05, Marina di Castagneto, ha come componente principale le diatomee (47%) seguita dal 34% dell'altro fitoplancton e il 18% di dinoflagellati.

Diatomee. (58 taxa). Il genere più rappresentato è *Leptocylindrus* (*L. minimum* e *L. danicus*): Questo genere tassonomico mostra un alto picco in agosto (6.800 cell/L) e si mantiene a concentrazioni intorno a 2.000-3.000 cell/L per tutta l'estate e inizio autunno per poi decrescere bruscamente. Gli altri picchi di rilievo sono dovuti alle specie *Guinardia striata* (luglio, 4000 cell/L) e da un gruppo di Bacillarineae (*Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia sp.*, *Nitzschia longissima*), in autunno (grafico 19).

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Asteromphalus flabellatus* (novembre), *Diatoma*, *Pleurosigma normanii*, *Bacillaria paxillifera* (dicembre; figura 3) *Eucampia cornuta* (gennaio).



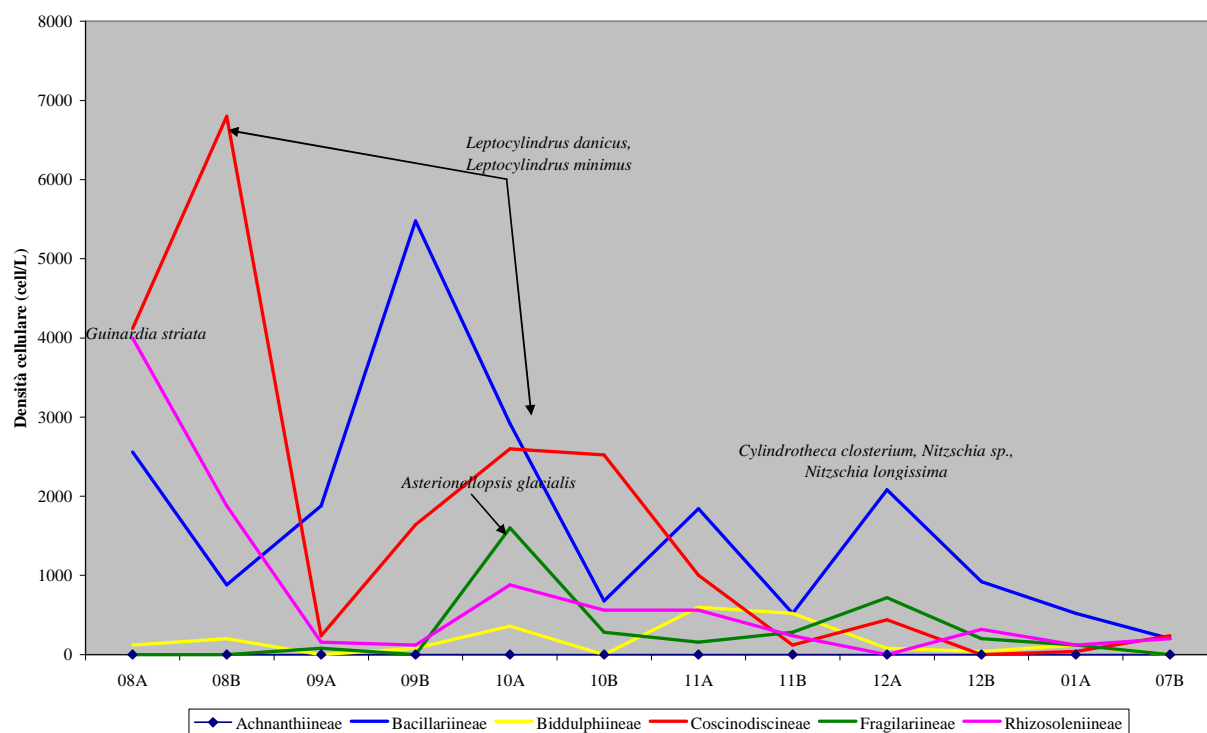


Grafico 19 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Marina di Castagneto



Figura 3. - *Bacillaria paxillifera* (Muller) Hendley 1951

Dinoflagellati. (41 taxa). La concentrazione più alta è 12.680 cell /L in settembre ed è dovuta alla presenza di *Heterocapsa spp.* (8.800 cell/L) e *Scrippsiella trochoidea* (2.560 cell/L). Per tutto il resto del periodo in esame le concentrazioni delle dinofycee sono inferiori a 2.500 cell/L. Si segnala inoltre la presenza anche se esigua 40 individui/L di *Ostreopsis sp.* nel mese di luglio.



Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. Molte sono le specie tipiche di questa zona: *Dinophysis sacculus* (settembre); *Ceratium seta* (novembre); *Gymnodinium rubrum*, *Oxytoxum scolopax* (gennaio).

Altro fitoplancton. (23 taxa). La densità dell'altro fitoplancton risulta essere bassa, dell'ordine di 10^3 , tranne per il campionamento effettuato a gennaio 2007 quando si ha la densità massima per questa stazione, ovvero 11.040 cell/L. L'andamento della curva che descrive la concentrazione cellulare nel tempo indica che dalla campagna 08A fino alla 12B si valori sono costanti fra i 2.000 e 4.000 cell/L: le Cryptophyceae sono la componente principale soprattutto da agosto fino a tutto settembre, poi decrescono dolcemente (mai al di sotto delle cell/L) e aumentano in ottobre i Coccolitoforidi e in novembre le Cyanophyceae.

Le Cryptophyceae sono poi responsabili del picco di gennaio.

Taxa di "altro fitoplancton" trovati solo in questa stazione. *Brachiomonas sp.* (agosto); *Eutreptiella sp.*, *Meringosphaera tenerrima* (novembre); *Dictyocha fibula* (gennaio);

D. Carbonifera

La stazione CR05, localizzata nel Golfo di Follonica, presenta una composizione fitoplanctonica molto simile a quella vista nell'anno precedente con il 6% dei dinoflagellati, il 52% di diatomee e il 42 % dell'altro fitoplancton.

Diatomee. (59 taxa). Il genere più abbondante è *Chaetoceros* che con le specie *C. compressus* e *C. constrictus* determina il picco più cospicuo del periodo in esame in luglio (144.400 cell/L totale diatomee). La specie *C. tortissimus* è responsabile invece del piccolo picco di ottobre – novembre (20.000-30.000 cell/L).

Dinoflagellati. (40 taxa). In questa stazione i dinoflagellati raggiungono la massima densità nel mese di luglio (6.640 cell/L) dovuta alla presenza di *Scrippsiella trochoidea*, *Gonyaulax spinifera* e *Alexandrium sp.*. I valori dei dinoflagellati rimangono intorno a 2.000 - 4.000 cell/L per tutto il periodo estivo e inizio autunno per la presenza delle specie suddette anche per la presenza, oltre a quella degli organismi già citati, di *Protoperidinium spp.*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium spp.* e *Ceratium furca*.



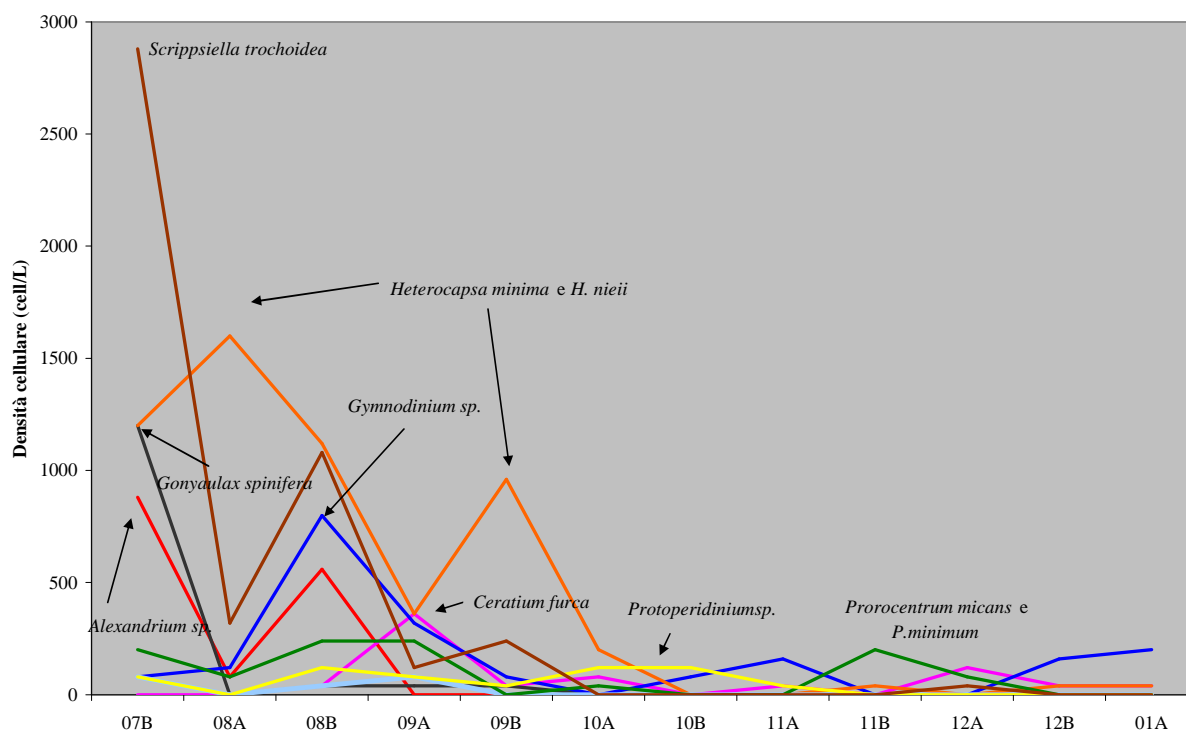


Grafico 20 - Andamenti dei dinoflagellati nella stazione di Carbonifera

Nei mesi tardo autunnali e invernali la diminuzione è tale da rilevare concentrazioni intorno ai 200 cell/L (grafico 20)

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Gyrodinium lachryma*, *Protoperidinium bispinum* (luglio); *Pronoctiluca sp.*, *Ceratium tripos* (settembre); *Takayama pulchella* (gennaio).

Altro fitoplancton. (28 taxa). La maggiore densità di “altro fitoplancton” è stata evidenziata durante i mesi estivi in particolar modo in settembre (27.000 cell/L) per l’abbondante quantità delle Cryptophyceae, il raggruppamento più rappresentativo in questa stazione (grafico 21). Molto abbondanti sono anche le colonie di Cyanophyceae e in particolare, nei mesi di agosto, settembre e ottobre, di *Oscillatoria spp.*; i coccolitoforidi sono presenti durante tutto l’anno; le Chlorophyceae mostrano un picco nel mese di luglio con una notevole presenza del genere *Chlamydomonas*. La stazione è inoltre caratterizzata dalla presenza di molti organismi fitoplanctonici di dimensioni inferiori a 10µm. A luglio e agosto si evidenzia anche la presenza di Prasinophyceae (*Tetraselmis spp.* e *Pyramimonas spp.*)

Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Chrysochromulina salifera* (ottobre); *Chrysophyceae indet.* (settembre); *Closterium sp.* (agosto).



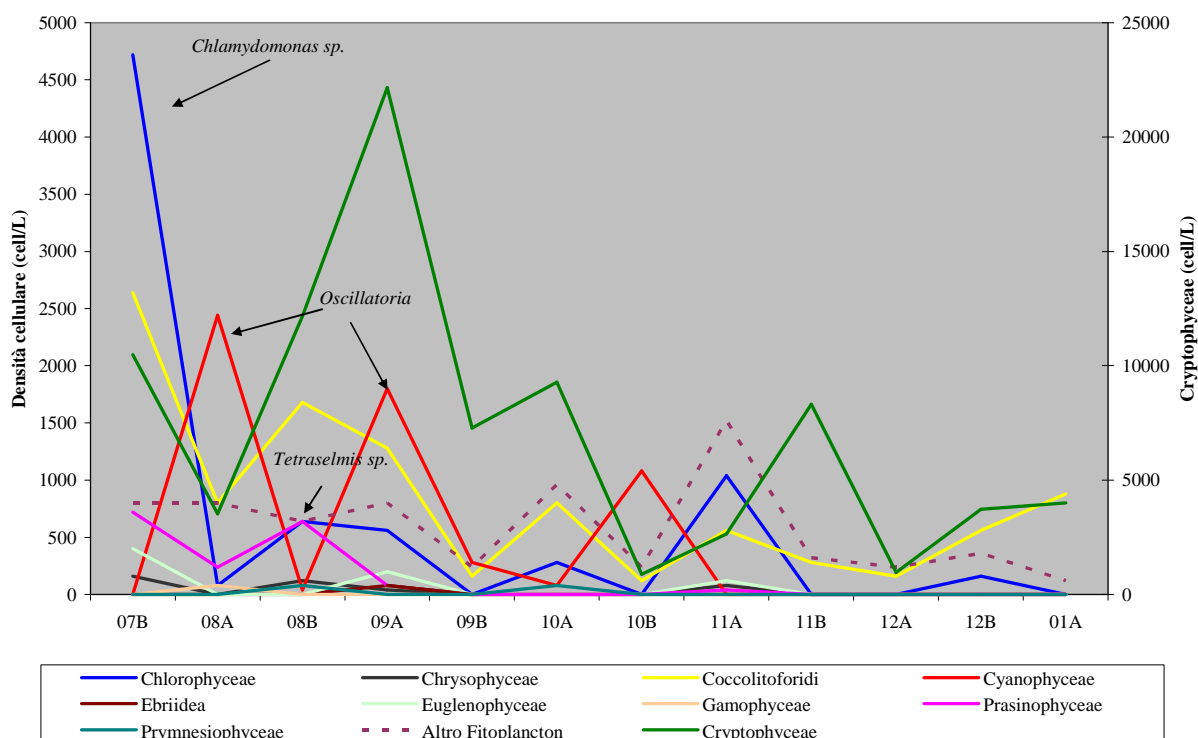


Grafico 21 - Andamenti dell'“altro fitoplancton” nella stazione di Carbonifera: la scala di riferimento per le Cryptophyceae è riportata a destra

E. Foce Ombrone

La stazione FO05, situata di fronte alla foce del Fiume Ombrone, ha una percentuale di altro fitoplancton del 37% mentre le diatomee sono circa il 60% dell'intero popolamento.

Diatomee. (64 taxa). Il picco massimo di densità si ha a settembre con 246.500 cell/l (09A): *Leptocylindrus danicus* con 8.200 cell/L è la specie più abbondante seguita da varie specie del genere *Chaetoceros* fra cui spiccano per abbondanza *C. curvisetus*, *C. decipiens*, *C. compressus*, *C. tortissimus*. La specie *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* è abbondante in settembre (43.000 cell/L), e in dicembre contribuendo insieme al genere *Nitzschia sp.* alla formazione di un secondo picco la cui densità è di 100.000 cell/L. Le Rhizosoleniineae sono rappresentate dalle *Guinardia delicatula*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata* e *Proboscia alata*: quest'ultime due specie sono presenti da luglio a ottobre con una massimo in relazione alla I campagna di settembre (grafico 22).

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Nitzschia vitrea* (agosto); *Chaetoceros coarctatus*, *Cyclotella litoralis*, *Guinardia delicatula*. (settembre); *Chaetoceros dadayi* (ottobre).

Dinoflagellati. (41 taxa). I dinoflagellati rappresentano il 3% dell'intero popolamento ed hanno la concentrazione maggiore a luglio (intorno a 15.000 cell/L) e sono rappresentati da *Scrippsiella trochoidea*, *Heterocapsa minina* e *H. niei*.

Altro fitoplancton. (30 taxa). L'“altro fitoplancton” presenta un picco massimo in dicembre con 230.000 cell/L delle quali 180.000 sono Cryptophyceae. Le Chlorophyceae sono sempre presenti ma più abbondanti in agosto-settembre e ottobre (10⁴ cell/L): sono presenti molti organismi tipicamente di acqua dolce come *Clorella sp.*, *Crucigenia sp.* *Ankistrodesmus sp.* e



Scenedesmus sp. e *Lagerheimia genevensis*. Le colonie di Cyanophyceae sono presenti principalmente nella seconda campagna di novembre (26.000 cell/L) composte da cianobatteri non identificati, *Oscillatoria* sp. e *Merismopedia* sp..

Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Merismopedia* sp. (agosto); *Chlorella* sp. (settembre); *Crucigenia* sp., *Ankistrodesmus* sp. (settembre – ottobre); *Discosphaera thomsonii* (novembre).

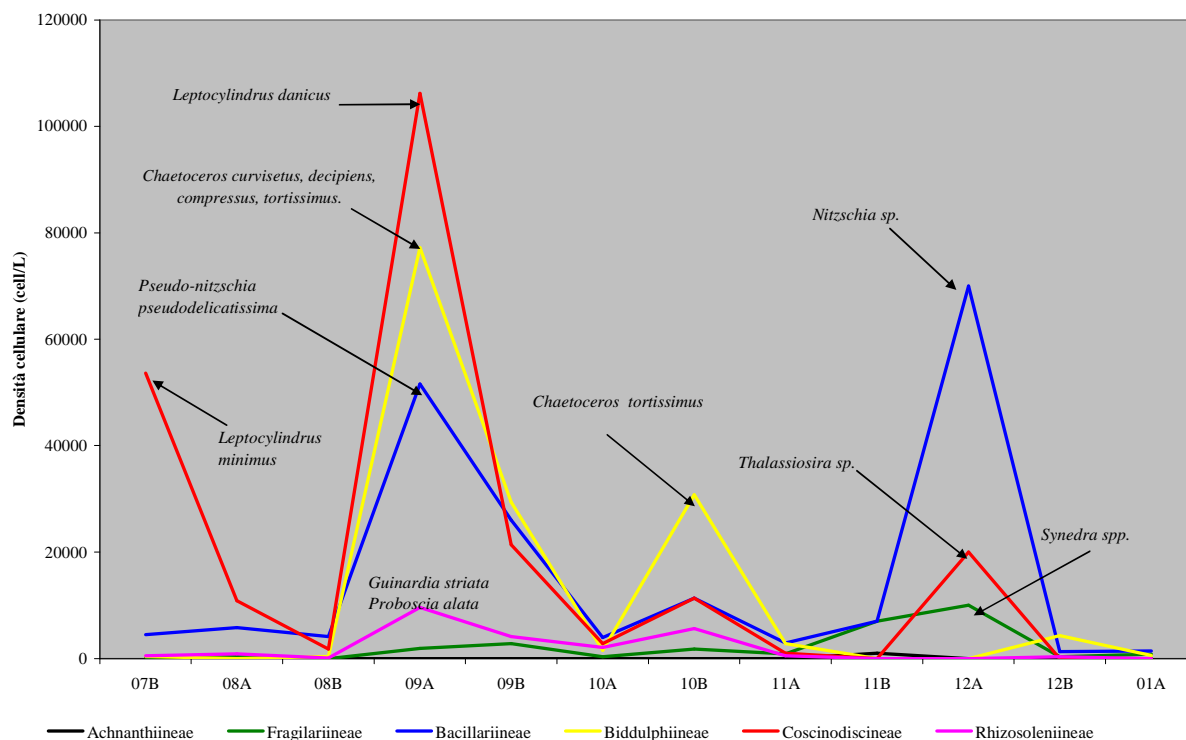


Grafico 22 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Foce Ombrone.

F. Elba Nord

Il fitoplancton della stazione EB01, localizzata a largo di Portoferraio, Isola d'Elba, è costituito soprattutto da “altro fitoplancton”, circa l'53% seguito dalle diatomee, 31% e infine dai dinoflagellati 17%. Questa stazione è caratterizzata dalla bassissima densità fitoplanctonica di media 10^3 cell/L, la più bassa fra le stazioni monitorate..

Diatomee. (47 taxa). I valori di diatomee sono molto bassi e solo in due casi supera le 10^4 cell/L: a settembre e a novembre (campagna 09A e 11A con rispettivamente 10.000 e 13.200 cell/L). In tutti i due i casi il genere che determina alti valori di concentrazione è *Leptocylindrus* (*L. danicus*, *L. minimus*, *L. mediterraneum*). Le Rhizosoleniineae sono presenti da luglio a dicembre con *Guinardia striata*: sono presenti inoltre, anche altre specie come *Dactyliosolen blavyanus* e *D. fragilissimus*, *Guinardia flaccida*, *Proboscia alata* e *Pseudosolenia calcar-avis*. L'abbondanza maggiore si ha in concomitanza della 11A con 1.920 cell/L (grafico 23). Le Biddulphiineae sono presenti soprattutto con il genere *Chaetoceros* e in particolare con *C. similis* e *C. wighamii* in agosto, settembre e novembre (1.480 cell/L). Le pennate sono rappresentate



dalle specie *Thalassionema* sp., *Thalassionema nitzschioides* e *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (2.360 cell/L in novembre)

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione: 9 specie e 2 generi: *Chaetoceros debilis*, *Chaetoceros diadema*, *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Epithemia turgida*, *Haslea* sp., *Lioloma* sp., *Navicula directa*, *Nitzschia panduriformis*, *Podocystis perrinensis*, *Thalassionema pseudonitzschioides*, *Thalassiothrix longissima*.

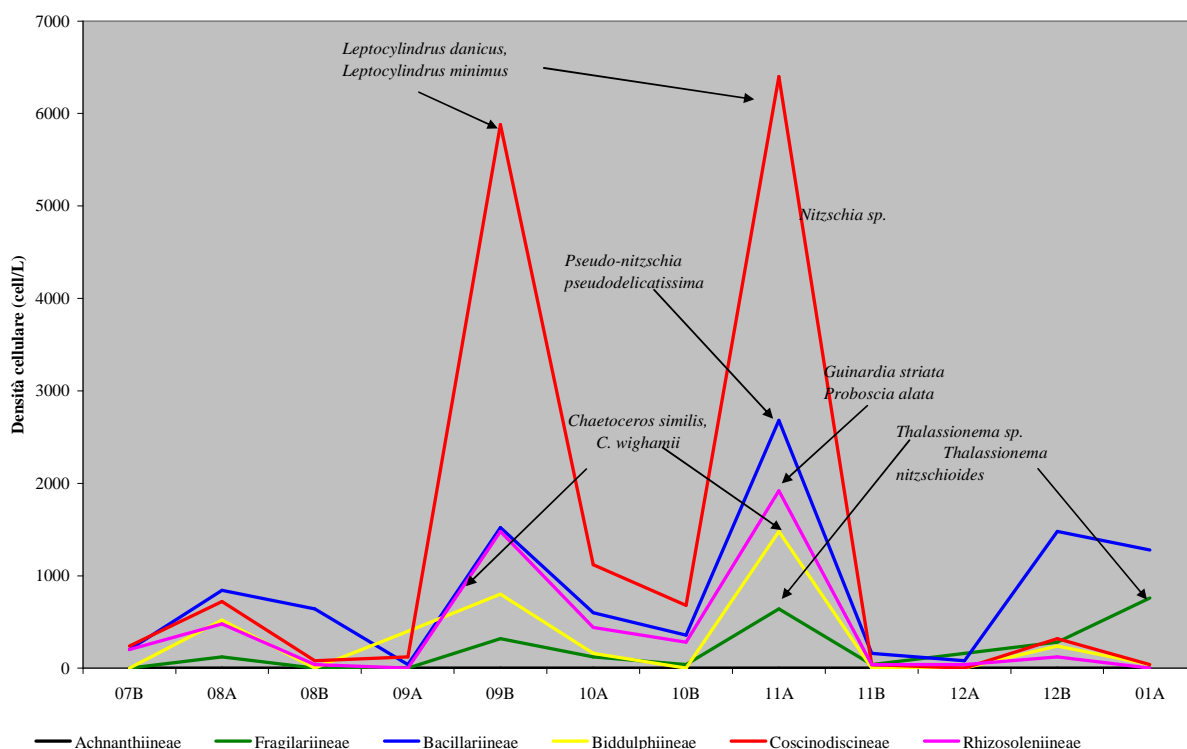


Grafico 23 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Elba Nord.

Dinoflagellati. (40 taxa). Le dinophyceae hanno il loro culmine in luglio con 10.800 cell/L: in questa campagna sono presenti vari taxa tra i quali i più abbondanti sono: *Heterocapsa nieii*, *H. minima*, *Scrippsiella trochoidea*, *Scrippsiella trochoidea*, *S.precaria*, *Alexandrium* sp., *Gymnodinium* sp.

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Scrippsiella precaria* (luglio); *Achradina* sp. (agosto).

Altro fitoplancton. (28 taxa).

La concentrazione più alta è nel mese di luglio (12.840 cell/L) per la presenza di Cryptophyceae (il raggruppamento più abbondante durante tutto l'anno), Cyanophyceae (2.800 cell/L tutte appartenenti al genere *Oscillatoria* sp.), di Prasinophyceae (2.120 cell/L appartenenti al genere *Nefroselmis* e alla specie *Pachysphaera marshalliae*) e coccolitoforidi (1.440 cell/L). Un secondo picco di 11.480 cell/L è evidenziato nel grafico 24: qui la componente principale risulta essere data dalle Cryptophyceae (6.920 cell/L); sono presenti anche piccoli coccolitoforidi, *Rhabdosphaera stylifer*, *Syracosphaera pulchra* (in tutto 2.240 cell/L, e *Chrysochromulina* sp. (1.240 cell/L). Le Chlorophyceae sono presenti soprattutto nel mese di novembre.



Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Hillea fusiformis* (luglio); *Pachysphaera marshalliae* (gennaio)

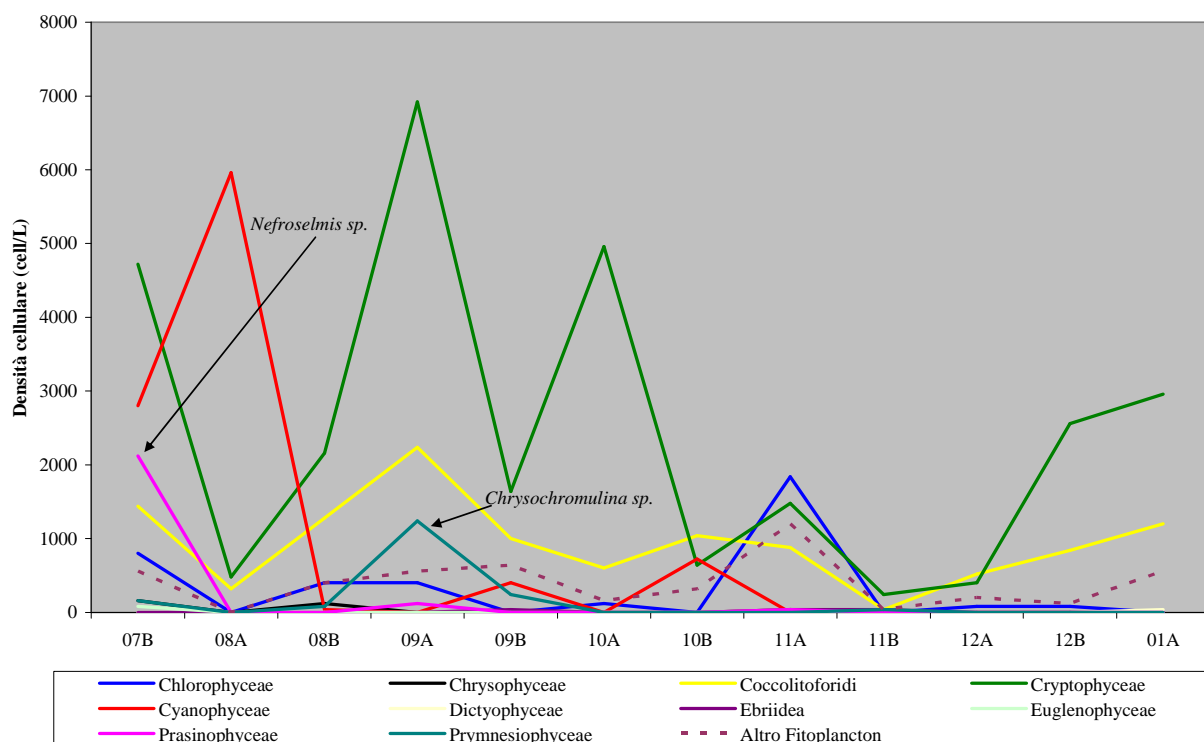


Grafico 24 - Andamenti dell’ “altro fitoplancton” nella stazione di Elba nord

Di seguito è riportata l’elenco dei *taxa* del fitoplancton rinvenuti lungo la costa toscana nel periodo 2006 – 2007 (tabella 11).

Bacillariophyceae	Dinophyceae	“Altro fitoplancton”
<i>Achnanthes sp.</i>	<i>Achradina pulchra</i>	<i>Acanthoica quattropsina</i>
<i>Amphiprora sp.</i>	<i>Achradina sp.</i>	<i>Acanthoica sp.</i>
<i>Amphora sp.</i>	<i>Alexandrium sp.</i>	<i>Actinomonas sp.</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Amphidinium acutissimum</i>	Altro Fitoplancton indet.
<i>Asterolampra sp.</i>	<i>Amphidinium acutum</i>	<i>Anabaena sp.</i>
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	<i>Amphidinium crassum</i>	<i>Ankistrodesmus sp.</i>
<i>Attheya sp.</i>	<i>Amphidinium sp.</i>	<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>
<i>Bacillaria paxillifera</i>	<i>Ceratium candelabrum</i>	<i>Anoplosolenia sp.</i>
Bacillariales indet.	<i>Ceratium furca</i>	<i>Brachiomonas sp.</i>
Bacillariineae indet.	<i>Ceratium fusus</i>	Calyptrorphaeraceae indet.
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	<i>Ceratium macroceros</i>	<i>Carteria sp.</i>
<i>Bacteriastrum sp.</i>	<i>Ceratium pentagonum</i>	<i>Chlamydomonas sp.</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Ceratium seta</i>	<i>Chlorella sp.</i>
<i>Cerataulina sp.</i>	<i>Ceratium trichoceros</i>	Chlorophyceae indet.



<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Ceratium tripos</i>	<i>Chrysochromulina alifera</i>
<i>Chaetoceros anastomosans</i>	Cisti indet.	<i>Chrysochromulina</i> sp.
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	<i>Cochlodinium</i> sp.	Chrysophyceae indet.
<i>Chaetoceros compressus</i>	Dinophyceae indet.	<i>Closterium</i> sp.
<i>Chaetoceros constrictus</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	Coccolitoforidi indet.
<i>Chaetoceros costatus</i>	<i>Dinophysis ovum</i>	Colonie di Cyanophyceae indet.
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Dinophysis rotundata</i>	<i>Crucigenia</i> sp.
<i>Chaetoceros dadayi</i>	<i>Dinophysis sacculus</i>	Cryptophyceae indet.
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diplopsalis</i> group	Cyanophyceae indet.
<i>Chaetoceros decipiens</i>	<i>Gonyaulax diegensis</i>	<i>Dictyocha fibula</i>
<i>Chaetoceros diversus</i>	<i>Gonyaulax digitale</i>	<i>Dictyocha staurodon</i>
<i>Chaetoceros eibonii</i>	<i>Gonyaulax monacantha</i>	<i>Discosphaera thomsoni</i>
<i>Chaetoceros holsaticus</i>	<i>Gonyaulax scrippsae</i>	<i>Ebria tripartita</i>
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Gonyaulax</i> sp.	<i>Euglena acusformis</i>
<i>Chaetoceros mitra</i>	<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Euglena</i> sp.
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	<i>Gonyaulax verior</i>	<i>Euglena viridis</i>
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Gymnodiniales indet.	Euglenales indet.
<i>Chaetoceros similis</i>	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	<i>Eutreptia lanowii</i>
<i>Chaetoceros simplex</i>	<i>Gymnodinium ostenfeldii</i>	<i>Eutreptia</i> sp.
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Gymnodinium rubrum</i>	<i>Eutreptiella</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Hermesinum adriaticum</i>
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	<i>Hillea fusiformis</i>
<i>Chaetoceros teres</i>	<i>Gyrodinium lachryma</i>	<i>Lagerheimia genevensis</i>
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Meringosphaera mediterranea</i>
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	<i>Heterocapsa minima</i>	<i>Meringosphaera radians</i>
<i>Chaetoceros wighamii</i>	<i>Heterocapsa niei</i>	<i>Meringosphaera tenerrima</i>
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Heterocapsa</i> sp.	<i>Merismopedia</i> sp.
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Heterocapsa triquetra</i>	<i>Monoraphidium</i> sp.
<i>Cyclotella litoralis</i>	<i>Katodinium rotundatum</i>	<i>Nefroselmis</i> sp.
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	<i>Ochromonas</i> sp.
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Micracanthodinium</i> sp.	<i>Octactis octonaria</i>
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	<i>Ostreopsis</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Oxitoxum globosum</i>	<i>Pachysphaera marshalliae</i>
<i>Dactyliosolen antarcticus</i>	<i>Oxytoxum scolopax</i>	<i>Pediastrum</i> sp.
<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	<i>Oxytoxum</i> sp.	Prasinophyceae indet.
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Pronoctiluca pelagica</i>	Prymnesiophyceae indet.
<i>Diatoma</i> sp.	<i>Pronoctiluca</i> sp.	<i>Pyramimonas</i> sp.



<i>Diploneis sp.</i>	<i>Prorocentrum lima</i>	<i>Rhabdosphaera claviger</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Rhabdosphaera sp.</i>
<i>Entomoneis alata</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Rhodomonas sp.</i>
<i>Epithemia sp.</i>	<i>Prorocentrum rotundatum</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>
<i>Eucampia cornuta</i>	<i>Prorocentrum scutellum</i>	<i>Spirulina sp.</i>
<i>Eucampia sp.</i>	<i>Prorocentrum sp.</i>	<i>Syracosphaera mediterranea</i>
<i>Fragilaria sp.</i>	<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Syracosphaera pulchra</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Protoperidinium bipes</i>	<i>Syracosphaera sp.</i>
<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Protoperidinium bispinum</i>	<i>Tetraedron sp.</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Protoperidinium brochii</i>	<i>Tetraselmis sp.</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Scrippsiella sp.</i>	
<i>Nitzschia praelonga</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	
<i>Nitzschia sigma</i>	<i>Takayama pulchella</i>	
<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Torodinium teredo</i>	
<i>Nitzschia spathulata</i>		
<i>Nitzschia vitrea</i>		
<i>Odontella mobiliensis</i>		
<i>Oestrupia sp.</i>		
<i>Pleurosigma normanii</i>		
<i>Pleurosigma sp.</i>		
<i>Proboscia alata</i>		
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex</i>		
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia seriata complex</i>		
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>		
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		
<i>Rhizosolenia setigera</i>		
<i>Rhizosolenia sp.</i>		
<i>Rhizosolenia styliformis</i>		
<i>Skeletonema costatum</i>		
<i>Skeletonema menzelii</i>		
<i>Striatella unipunctata</i>		
<i>Synedra spp.</i>		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		



<i>Thalassionema sp.</i>
<i>Thalassiosira rotula</i>
<i>Thalassiosira sp.</i>

Tabella 11 –Taxa del fitoplancton rinvenuti lungo la costa toscana nel periodo 2006 - 2007.

Alghe potenzialmente tossiche

Nei grafici 24 e 25 sono riportati gli andamenti temporali di alcuni generi di alghe potenzialmente tossiche rilevate durante il periodo in esame.

Il dinoflagellato potenzialmente tossico più abbondante e frequente è *Alexandrium sp.*: l'abbondanza non è, comunque, tale da superare il limite di 10×10^6 cell/L indicato nella Circolare del Ministero della Sanità del 31.7.1998; *Ostreopsis sp.* (figura 3), presente solo nelle stazioni di Antignano e Marina di Castagneto, appare unicamente nel mese di luglio. Altri taxa individuati sono *Gymnodinium mikimotoi* (da luglio a settembre), *Lingulodinium polyedrum* (agosto); *Prorocentrum lima* (novembre) e *Dinophysis sp.* (da agosto a novembre)

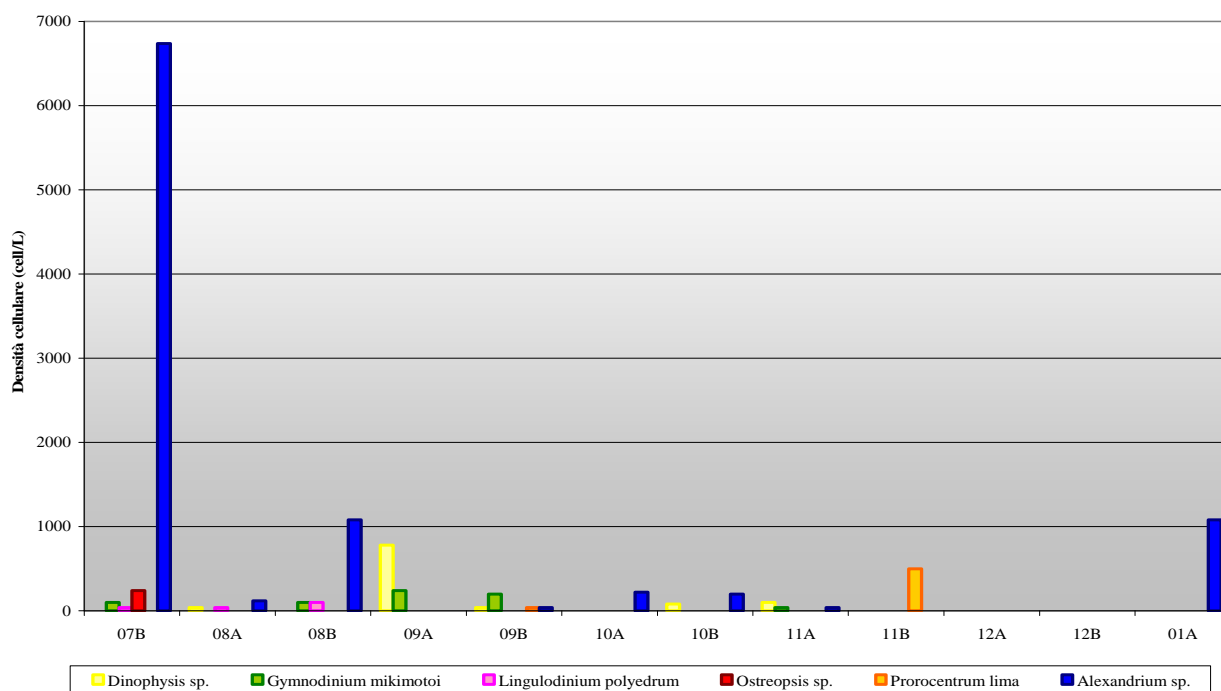


Grafico 24 – Andamenti temporali delle concentrazioni di dinoflagellati potenzialmente tossici.



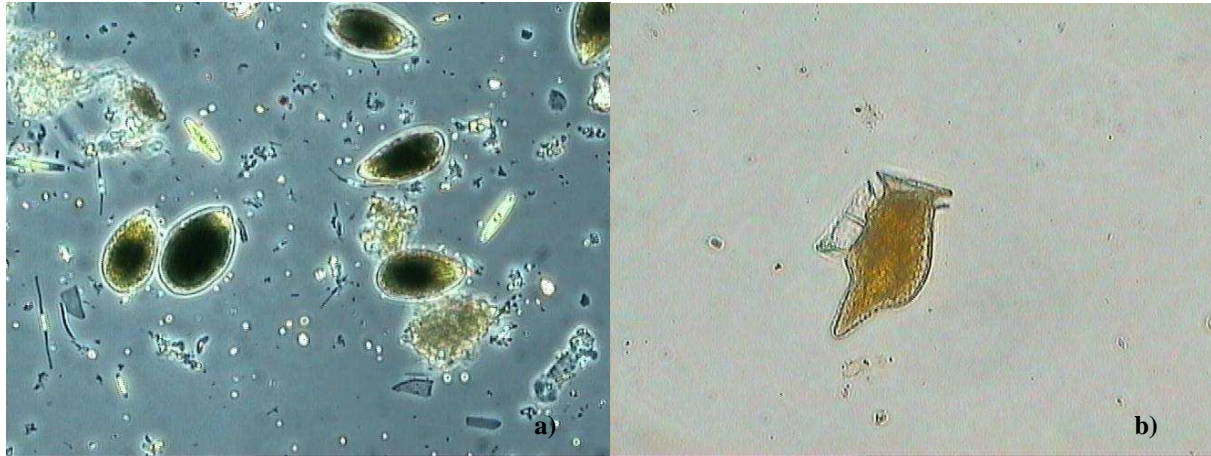


Figura 3 - a) *Ostreopsis sp.* Schmidt, 1901; b) *Dinophysis caudata*, Saville-Kent 1881

Pseudo-nitzschia sp., unico genere appartenente alle diatomee, riportato da solo perché ha una concentrazione maggiore rispetto agli altri, è abbondante in tutte le stazioni monitorate soprattutto nel periodo agosto - settembre.

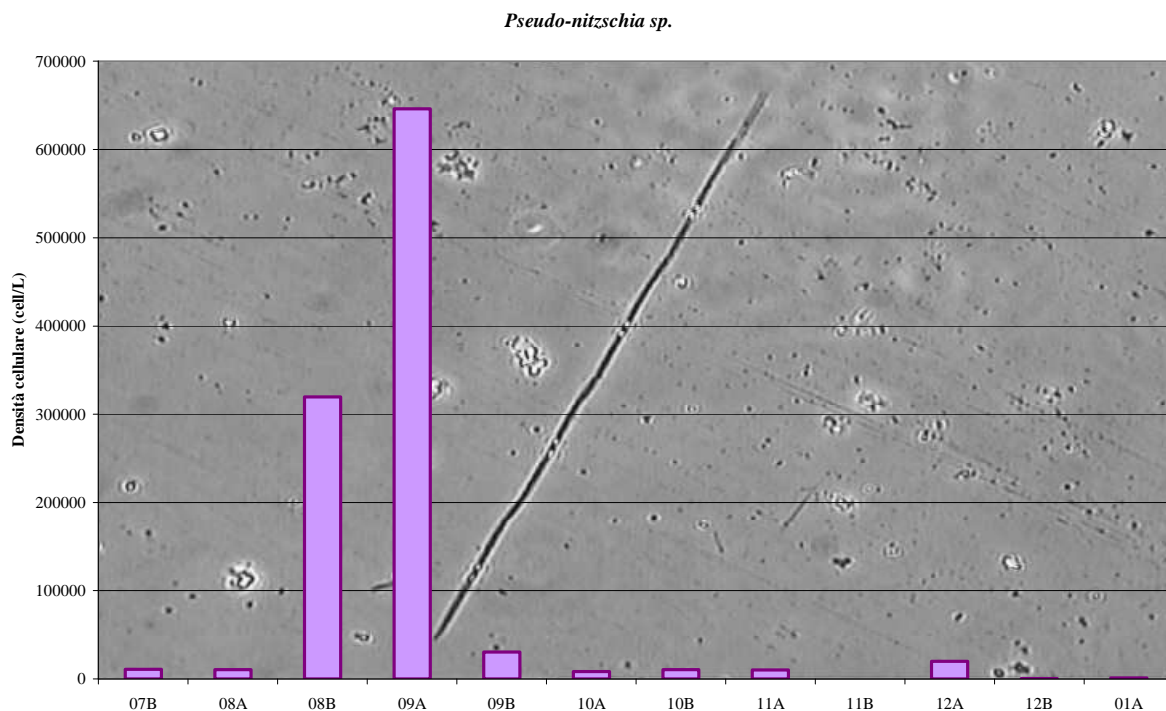


Grafico 25 - Andamenti temporali delle concentrazioni della diatomea potenzialmente tossica *Pseudo-nitzschia sp.*.



Osservazioni generali

Il periodo monitorato, esclude una parte dell'anno molto importante ovvero il periodo primavera-inizio estate, periodo in cui nei precedenti anni si è sempre verificato un aumento della concentrazione di diatomee e picchi massimi per i dinoflagellati. In generale la densità fitoplanctonica lungo tutta la costa varia da 10^3 a 10^5 cell/L, a seconda della stagione e della disponibilità trofica del sistema; le stazioni vicine alle foci dei fiumi, fiume Morto e foce Ombrone hanno, più volte durante l'anno, concentrazioni più elevate fino ad arrivare a 10^5 - 10^6 cell/L, mentre Antignano e Carbonifera nel mese di luglio, sono protagoniste di un aumento di densità cellulare fino a 10^5 cell/L. per l'incremento sia di dinoflagellati sia di diatomee. 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, in particolare Cryptophyceae, e di diatomee, (*Pseudo-nitzschia spp.*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus* principalmente).

Dall'analisi quali- quantitativa del fitoplancton non si evidenziano fenomeni di fioriture algali potenzialmente tossiche tali da essere considerate un rischio per la salute pubblica:

3.2.2 Mesozooplankton

Il periodo compreso dall'ultima proroga del programma di Monitoraggio Marino Costiero va da luglio 2006 a gennaio 2007, con campagne di campionamento bimensili tranne che per i mesi iniziale e finale, in cui ne è stata effettuata una. Si è ritenuto opportuno, per l'elaborazione dei dati, considerare l'intero periodo di monitoraggio, vale a dire dal giugno 2001 al gennaio 2007, in modo da avere risultati più significativi. Complessivamente, sono stati raccolti 130 campioni per la stazione di Carbonifera (CR), 129 presso le stazioni di Fiume Morto (FM), Antignano (AT), Marina di Castagneto (CS) e Elba Nord (EB), 125 presso la stazione di Foce Ombrone (FO).

In grafico 26 è riportato il “campione medio” per ogni stazione di campionamento, suddiviso nei tre gruppi Cladoceri, Copepodi, Altro Zooplankton: i dati sono stati ottenuti dividendo il numero di individui totali per il numero di campioni prelevati nella stazione.

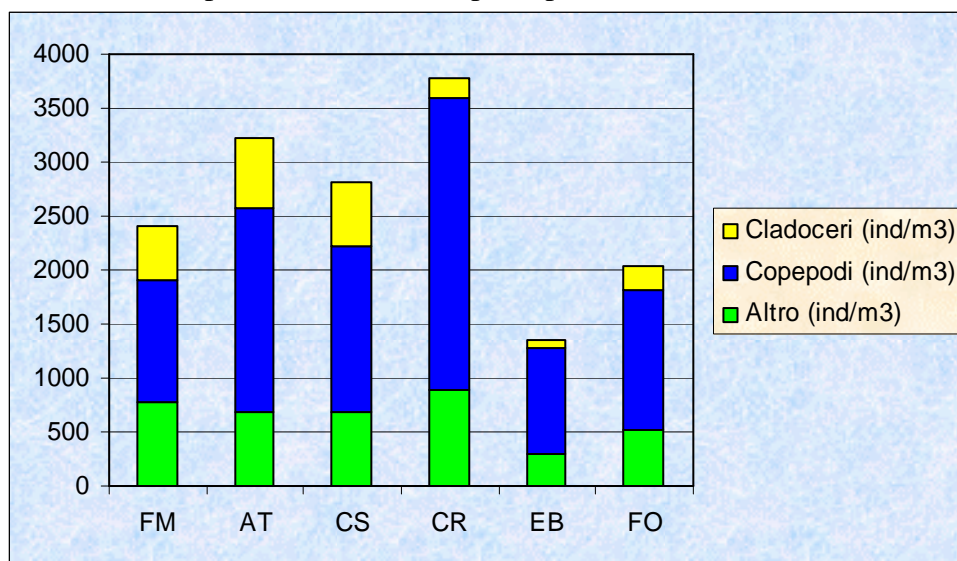


Grafico 26 - “Campione medio” delle sei stazioni di campionamento suddiviso per Copepodi, Cladoceri e Altro zooplankton (ind./m³)



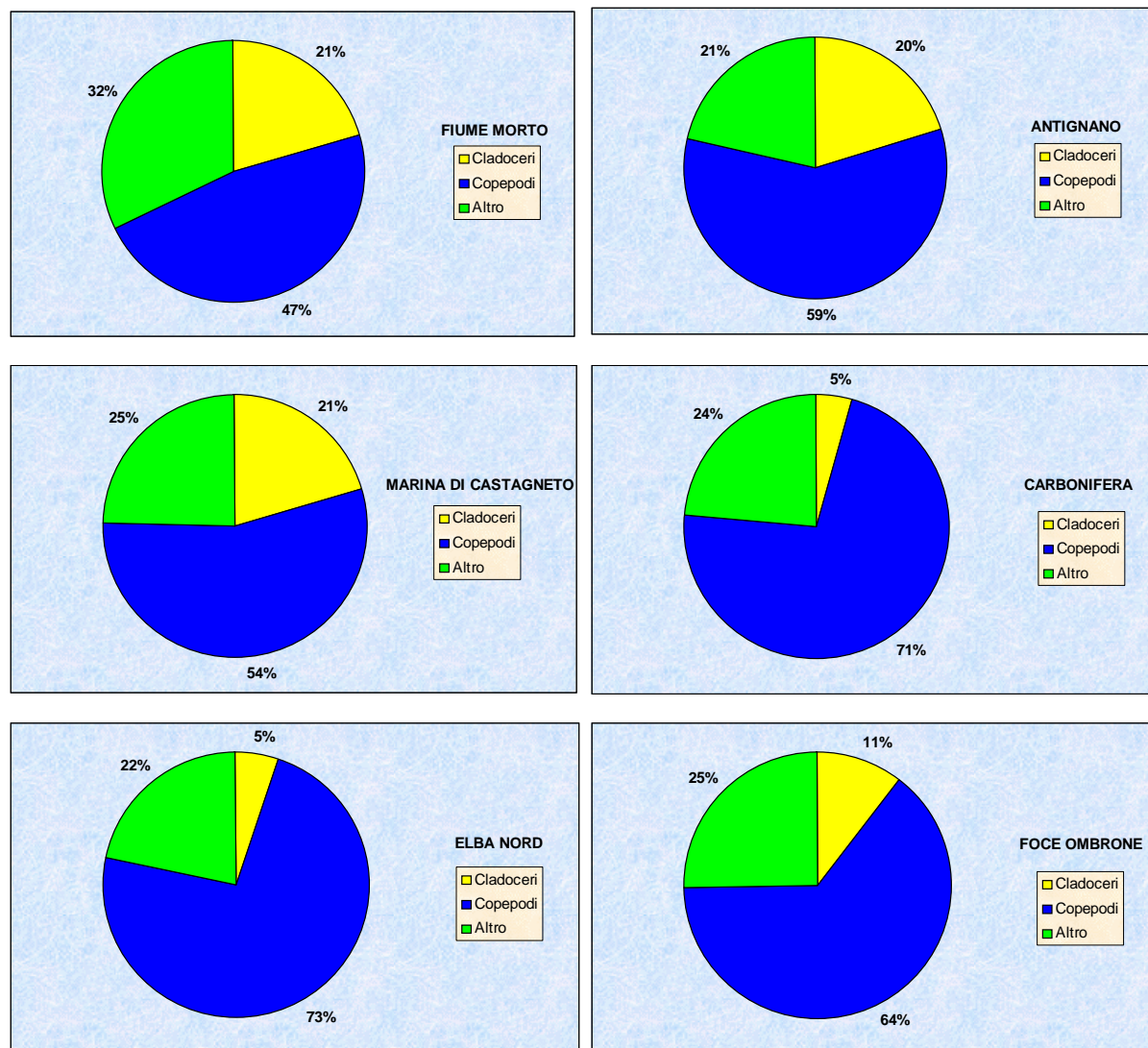


Grafico 27 - Composizione percentuale (Copepodi, Cladoceri Altro Zooplancton) del “campione medio” nelle sei stazioni di campionamento.

La stazione di Carbonifera mostra il valore più elevato, grazie all'abbondanza dei Copepodi, mentre Elba Nord presenta il valore più basso (da considerare che è l'unica stazione insulare). Si può notare come nelle tre stazioni di Fiume Morto, Antignano e Marina di Castagneto siano più abbondanti i Cladoceri. In figura 2 è riportata la composizione percentuale del “campione medio” in riferimento a Copepodi, Cladoceri e Altro Zooplancton, ottenuta considerando quantitativamente i tre gruppi tassonomici. Dall'osservazione del grafico 27, si può vedere come nelle tre stazioni più a Nord (Fiume Morto, Antignano e Marina di Castagneto) i Cladoceri siano una parte considerevole dello zooplancton totale, raggiungendo percentuali rispettivamente del 21, 20 e 21%. Più a sud, invece, i Cladoceri presentano percentuali sullo zooplancton totale ben più contenute, vale a dire 5% a Carbonifera ed Elba Nord, 11% presso Foce Ombrone. Per i Copepodi avviene il contrario, ovvero le percentuali sono più elevate al sud (CR 71%, EB 73%, FO 64%), un po' meno al nord (FM 47%, AT 59%, CS 54%). L'Altro Zooplancton oscilla intorno al 25% in tutte le stazioni tranne Fiume Morto, dove arriva al 32%.



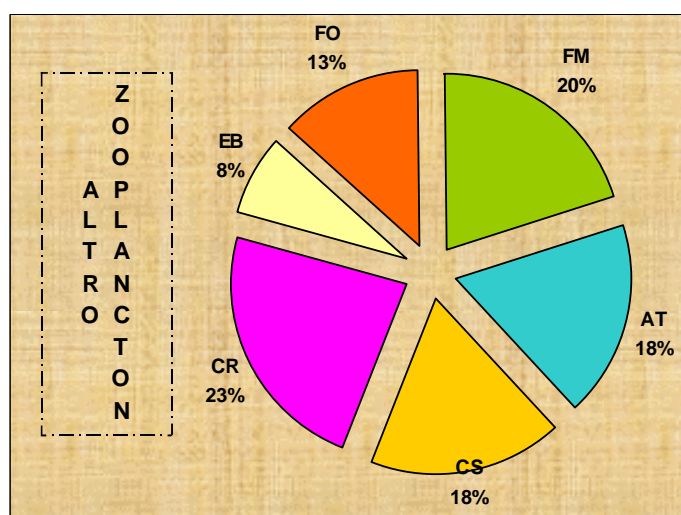
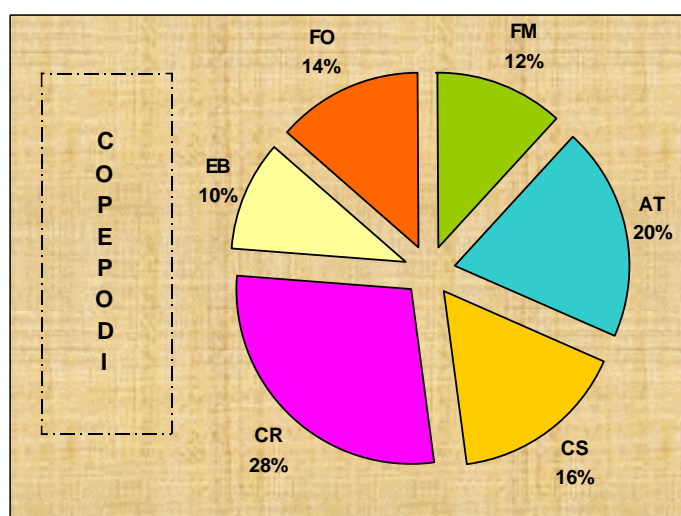
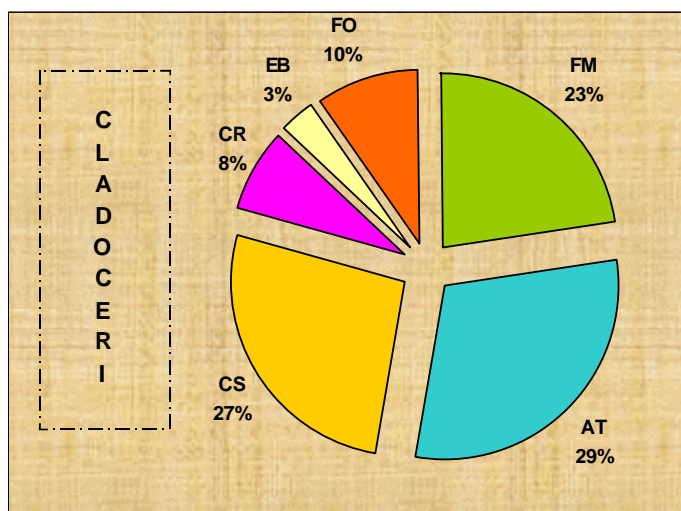


Grafico 28 - Contributo percentuale delle singole stazioni all'abbondanza complessiva di Cladoceri, Copepodi e Altro Zooplankton.

In grafico 28 è riportato il contributo (percentuale) di ciascuna stazione all'abbondanza complessiva di ciascuno dei tre gruppi principali di zooplankton. Si può notare come le tre



stazioni più a nord contribuiscano con il 79% all'abbondanza complessiva dei Cladoceri, contro il 21% delle tre stazioni più a sud: in pratica, le stazioni di CR, EB e FO contribuiscono insieme quanto una singola stazione delle tre a nord.

Per i Copepodi, la stazione con la percentuale più elevata è Carbonifera (28%), seguita da Antignano (20%) e Marina di Castagneto (16%).

Per l'Altro Zooplankton, è ancora Carbonifera la stazione con la percentuale più elevata (23%), seguita da Fiume Morto (20%) e Antignano e Marina di Castagneto (18%).

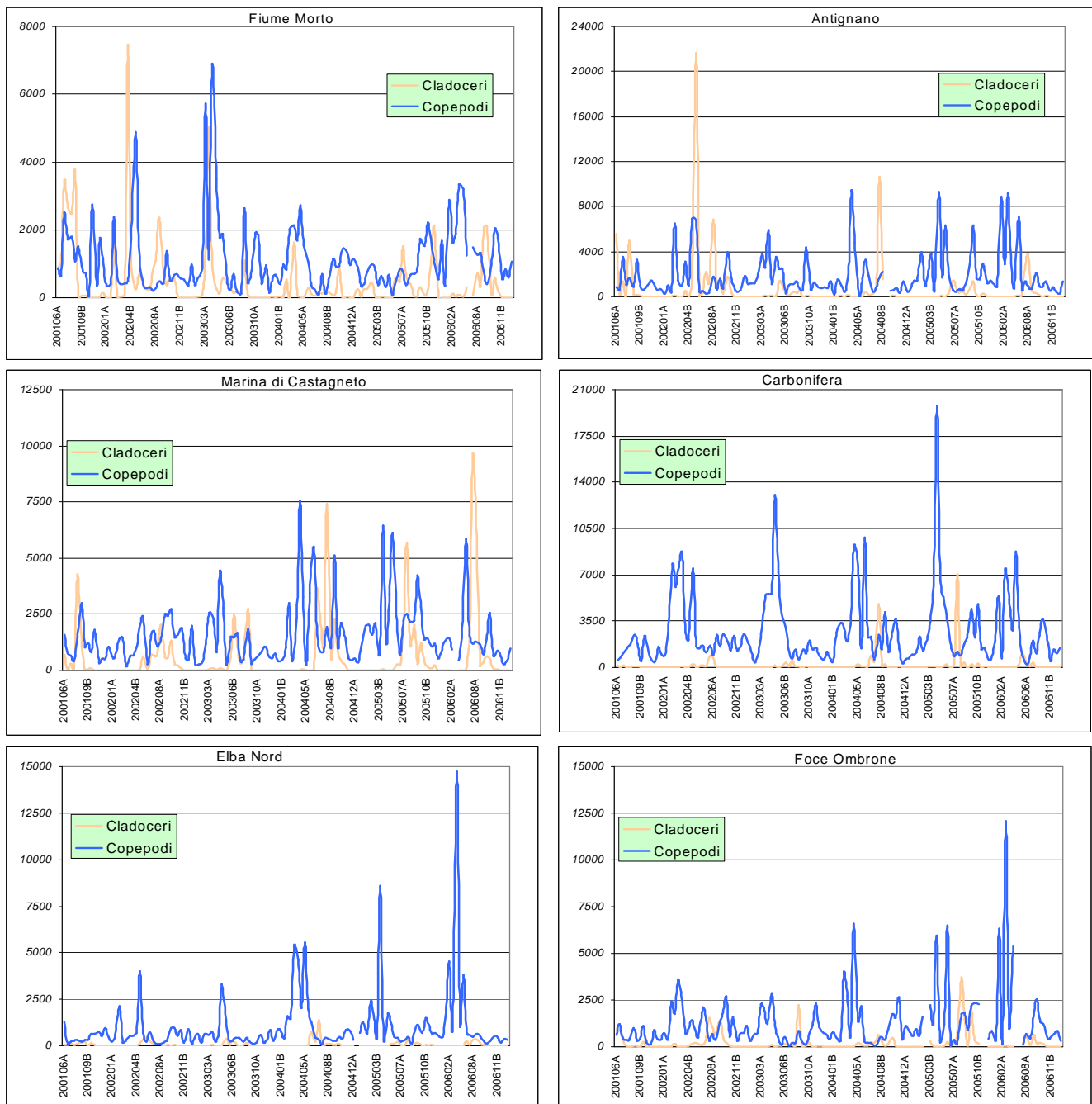


Grafico 29 - Variazioni stagionali delle abbondanze di Cladoceri e Copepodi nelle sei stazioni di campionamento (valori espressi in individui/m³).



In grafico 29 sono riportati, stazione per stazione, gli andamenti di Cladoceri e Copepodi nel periodo giugno 2001- gennaio 2007. Specialmente nelle tre stazioni di Carbonifera, Elba Nord e Foce Ombrone, si possono individuare abbastanza agevolmente i picchi primaverili dei Copepodi, seguiti da quelli dei Cladoceri, che invece si registrano in estate: i Cladoceri solo raramente riescono a divenire dominanti sui Copepodi, e i valori più bassi si registrano presso la stazione di Elba Nord. Nelle tre stazioni di Fiume Morto, Antignano e Marina di Castagneto, l'andamento dell'abbondanza dei Copepodi appare più irregolare, mantenendo comunque i valori più elevati nel periodo primaverile. I Cladoceri presentano, rispetto alle stazioni più a sud, picchi più frequenti, ed è più frequente che risultino più abbondanti dei Copepodi.

In tabella 12 viene riportata la lista dei taxa di Copepodi identificati nel periodo giugno 2002- gennaio 2007, con il numero di ritrovamenti per stazione e complessivo. Il periodo non comprende il primo anno di attività, in cui ancora non era richiesta la restituzione della lista specie, bensì la semplice indicazione del totale di Cladoceri, Copepodi, Altro Zooplankton e Zooplankton totale.

	FM	AT	CS	CR	EB	FO	Totale complessivo
<i>Acartia adriatica</i>	1	3	1	2	11	1	19
<i>Acartia clausi</i>	78	91	76	88	40	51	424
<i>Acartia danae</i>	0	0	0	1	2	0	3
<i>Acartia discaudata</i> var.mediterranea	28	28	7	11	2	0	76
<i>Acartia grani</i>	1	1	0	0	0	0	2
<i>Acartia italica</i>	0	0	0	0	3	0	3
<i>Acartia margalefi</i>	0	0	0	4	40	4	48
<i>Acartia negligens</i>	9	35	17	41	39	17	158
<i>Acartia tonsa</i>	1	0	0	0	0	0	1
Calanidae copepoditi	6	15	10	13	11	10	65
Calanoida indet.	5	3	0	1	0	0	9
Calanoida indet. copepoditi	36	52	56	55	52	46	296
<i>Calanus helgolandicus</i>	1	0	0	1	0	1	3
<i>Calanus</i> spp.	6	16	15	16	18	19	90
<i>Calocalanus copepoditi</i>	26	42	35	38	48	32	221
<i>Calocalanus pavo</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Calocalanus</i> spp.	46	81	71	78	79	66	421
<i>Calocalanus styliremis</i>	0	0	1	1	1	1	4
<i>Candacia armata</i>	0	1	0	1	0	0	2
<i>Candacia</i> spp.	0	2	1	1	2	0	6
Candaciidae copepoditi	9	31	22	18	16	22	118
<i>Centropages copepoditi</i>	94	90	91	101	65	84	525
<i>Centropages kroyeri</i>	0	2	4	4	0	1	11
<i>Centropages ponticus</i>	52	45	41	52	13	35	238
<i>Centropages typicus</i>	20	28	32	44	28	25	177
<i>Centropages violaceus</i>	4	14	12	11	8	6	55
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	3	33	15	22	21	13	107
<i>Clausocalanus copepoditi</i>	49	56	57	56	59	51	328
<i>Clausocalanus furcatus</i>	24	58	54	50	39	41	266
<i>Clausocalanus jobei</i>	1	4	4	2	0	1	12
<i>Clausocalanus lividus</i>	0	8	6	8	2	5	29
<i>Clausocalanus maschi</i> spp.(I)	46	76	69	69	68	56	384



Clausocalanus parapergens	0	1	1	1	1	3	7
Clausocalanus paululus	23	53	47	48	41	40	252
Clausocalanus pergens	18	47	39	39	43	34	220
Clausocalanus spp.	5	12	10	16	7	10	60
Clytemnestra rostrata	0	0	0	0	1	0	1
Clytemnestra scutellata	0	0	0	0	1	0	1
Clytemnestra spp.	1	3	2	1	7	2	16
Copepoda indet.	0	1	1	0	1	0	3
Copepodi parassiti	1	3	0	0	1	0	5
Copepoditi Acartiidae indet.	99	101	91	100	85	79	555
Copilia spp.	0	3	2	0	0	0	5
Corycaeidae copepoditi	0	4	3	2	6	3	18
Corycaeus spp.	64	84	88	93	93	79	501
Ctenocalanus vanus	15	29	26	23	22	18	133
Ctenocalanus vanus copepoditi	17	19	17	17	21	17	108
Cyclopina spp.	1	0	0	0	0	0	1
Cyclopoida indet.	1	0	1	0	0	1	3
Diaixis copepoditi	3	12	6	12	5	6	44
Diaixis pygmoea	1	3	0	1	2	2	9
Euchaeta marina	0	1	0	0	0	0	1
Euchaetidae copepoditi	1	2	1	4	3	3	14
Euterpina acutifrons	87	100	98	98	81	85	549
Farranula spp.	35	82	71	77	78	60	403
Haloptilus spp.	0	0	0	3	0	3	6
Harpacticoida indet.	22	30	28	20	16	10	126
Isias clavipes	79	75	82	90	30	52	408
Labidocera brunescens	0	0	2	1	0	0	3
Labidocera copepoditi	0	1	2	1	0	0	4
Labidocera wollastoni	3	3	9	8	0	3	26
Lucicutia copepoditi	0	4	8	2	4	7	25
Lucicutia spp.	0	0	1	0	1	2	4
Mecynocera clausi	4	8	12	13	6	17	60
Mesocalanus tenuicornis	0	0	1	0	0	2	3
Microsetella spp.	13	30	6	16	28	30	123
Monstrilloida indet.	3	16	8	25	21	2	75
Nannocalanus minor	1	1	1	2	2	0	7
Oithona spp.	103	105	105	106	105	100	624
Oncaea spp.	48	83	85	87	71	74	448
Paracalanus copepoditi	65	66	65	66	64	60	386
Paracalanus denudatus	4	8	11	16	15	9	63
Paracalanus nanus	59	84	79	73	90	64	449
Paracalanus parvus	104	104	105	105	99	97	614
Paracartia grani	3	10	0	0	1	1	15
Paracartia latisetosa	0	2	1	2	4	0	9
ParaClausoCteno copepoditi (2)	40	40	40	41	40	40	241
Parapontella brevicornis	18	23	23	27	10	6	107
Pleuromamma copepoditi	4	11	11	7	5	7	45
Pleuromamma gracilis	0	4	2	0	0	1	7
Poecilostomatoida indet.	3	3	0	0	1	0	7
Pontella mediterranea	0	0	0	1	1	0	2



Pontellidae copepoditi	40	55	51	70	17	36	269
Pontellina plumata	0	0	1	0	0	0	1
Pteriacartia josephinae	0	5	11	25	18	5	64
Sapphirina spp.	0	3	8	6	11	7	35
Sapphirinidae indet.	0	0	1	0	1	1	3
Scolecithricidae indet.	20	11	16	15	6	6	74
Stephos spp.	1	1	1	0	1	1	5
Temora styliifera	77	78	87	92	90	86	510
Tisbe spp.	3	3	1	7	8	3	25
	1635	2243	2065	2248	1932	1763	
Totale rinvenimenti "Copepodi" per stazione							

(1) Gli individui adulti maschi del genere *Clausocalanus* non sono stati identificati a livello di specie.

(2) I copepoditi dei generi *Paracalanus*, *Clausocalanus* e *Ctenocalanus* sono stati considerati come un unico taxon fino al gennaio 2004 compreso.

Tabella 12: Lista dei taxa di Copepodi individuati nel periodo giugno 2002-gennaio 2007 e numero dei ritrovamenti per stazione e complessivo.

Il taxon con maggiori ritrovamenti è *Oithona* spp. (624), seguito da *Paracalanus parvus* (614), Copepoditi Acartiidae indet. (555), *Euterpina acutifrons* (549), *Centropages copepoditi* (525), *Temora styliifera* (510, adulti e copepoditi considerati complessivamente), *Corycaeus* spp. (501, adulti e copepoditi considerati complessivamente). Alcuni taxa presentano poi una distribuzione differenziata tra le varie stazioni; se prendiamo ad esempio alcune specie del genere *Acartia*, si nota come *A. margalefi* sia piuttosto frequente solo presso la stazione di Elba Nord, *A. adriatica* sia più frequente sempre presso la stazione di Elba Nord, *Acartia* (*Paracartia*) *grani* lo sia presso la stazione di Antignano, *A. discaudata* var *mediterranea* sia più frequente nelle tre stazioni a Nord, *A. negligens* sia meno frequente presso la stazione di Fiume Morto, *A. clausi* risulti meno frequente nelle stazioni di Elba Nord e Foce Ombrone.

La stazione di Carbonifera è quella in cui è stato rilevato il maggior numero di taxa di Copepodi, seguita a ruota da Antignano; la stazione con il minor numero è invece Fiume Morto.

In tabella 13 viene riportata la lista dei taxa di Cladoceri identificati nel periodo giugno 2002-gennaio 2007, con il numero di ritrovamenti per stazione e complessivo. Il periodo non comprende il primo anno di attività, in cui ancora non era richiesta la restituzione della lista specie, bensì la semplice indicazione del totale di Cladoceri, Copepodi, Altro Zooplankton e Zooplankton totale. Il genere *Evadne* è risultato il più frequente (508), seguito da *Penilia* (324) e *Podon* (252). All'interno del genere *Evadne*, la specie risultata più frequente è *E. spinifera* (301), seguita da *E. tergestina* (203): non è mai stata ritrovata invece *E. nordmanni*. Il genere *Penilia* è rappresentato da una sola specie, *P. avirostris*, che non ha mostrato differenze nelle frequenze di ritrovamento nelle varie stazioni. Il genere *Podon* è risultato particolarmente frequente nella stazione di Fiume Morto (86), in particolare per la presenza di *P. polyphemoides*, seguito da Antignano (53). Le stazioni con un minor numero di ritrovamenti sono Carbonifera e Elba nord. La specie *Podon leuckarti* non è mai stata ritrovata.



	FM	AT	CS	CR	EB	FO	Totale complessivo
Evadne sp.	2	0	1	0	1	0	4
Evadne spinifera	35	54	55	53	61	44	301
Evadne tergestina	42	36	38	22	36	29	203
Penilia avirostris	49	54	58	56	49	58	324
Podon intermedius	13	10	15	11	5	5	59
Podon polyphemoides	41	16	3	6	5	11	82
Podon spp.(I)	32	27	21	6	11	14	111
	214	197	191	154	168	161	
Totale rinvenimenti "Cladoceri" per stazione							

(I) Fino ad aprile 2004 il genere *Podon* è stato considerato complessivamente, senza suddivisione in specie

Tabella 13: Lista dei taxa di Cladoceri individuati nel periodo giugno 2002-gennaio 2007 e numero dei ritrovamenti per stazione e complessivo.

In tabella 14 viene riportata la lista dei taxa di Altro Zooplancton identificati nel periodo giugno 2002-gennaio 2007, con il numero di ritrovamenti per stazione e complessivo. Il periodo non comprende il primo anno di attività, in cui ancora non era richiesta la restituzione della lista specie, bensì la semplice indicazione del totale di Cladoceri, Copepodi, Altro Zooplancton e Zooplancton totale

	FM	AT	CS	CR	EB	FO	Totale complessivo
Amphipoda indet.	4	0	1	2	4	1	12
Annelida larve	96	89	90	86	71	88	520
Anthozoa larve	0	0	0	0	1	0	1
Appendicularia indet.	104	101	103	104	100	97	609
Ascidacea larve	1	6	1	9	5	0	22
Bivalvia larve	92	93	89	89	68	76	507
Caprellidae indet.	1	1	0	1	0	1	4
Ceriantharia larve	3	1	4	1	0	0	9
Chaetognatha indet.	81	82	85	92	86	89	515
Cnidaria indet.	1	0	0	1	2	2	6
Crustacea larve	0	0	0	1	0	0	1
Ctenophora indet.	31	21	24	18	14	10	118
Cumacea indet.	2	0	2	1	0	5	10
Cyphonautes indet.	18	15	12	13	5	7	70
Decapoda larve	80	54	54	85	35	48	356
Doliolida indet.	10	56	56	48	56	55	281
Echinodermata larve	1	0	1	1	1	2	6
Echiurida larve	0	0	0	0	1	0	1
Euphausiacea larve	3	7	7	12	10	21	60
Gastropoda larve	98	103	102	105	101	89	598
Heteropoda indet.	0	1	1	0	0	0	2
Hydromedusae indet.	101	99	98	98	92	96	584
Isopoda Epicaridea indet.	20	36	28	70	28	17	199



Isopoda indet.	1	6	1	1	7	2	18
Isopoda parassiti indet.	0	12	1	9	14	1	37
Larva actinotrocha	51	17	8	3	1	7	87
Larva auricularia	18	21	26	18	9	36	128
Larva auricularia/bipinnaria(I)	14	23	25	19	18	27	126
Larva bipinnaria	3	5	7	9	1	7	32
Larva cyphonauta	52	51	52	59	33	44	291
Larva cypris	5	7	4	3	3	8	30
Larva doliolaria	3	4	6	3	2	7	25
Larva echinopluteus	46	54	52	50	42	43	287
Larva ophiopluteus	44	41	42	38	41	49	255
Larva pentactula	1	0	0	0	0	0	1
Larva pilidium	44	31	33	42	22	32	204
Larva pluteo	36	39	40	39	40	40	234
Larva tornaria	23	9	10	6	5	4	57
Larve indet.	21	30	25	25	27	19	147
Mysidacea indet.	0	0	0	0	3	4	7
Nematoda indet.	1	2	1	4	8	7	23
Ostracoda indet.	9	11	9	14	8	20	71
Pisces larve	19	24	26	22	17	16	124
Polychaeta indet.	0	0	0	1	0	0	1
Pteropoda indet.	44	72	70	70	81	66	403
Pycnophyes sp.	7	0	1	0	0	1	9
Rotifera indet.	1	0	0	0	0	0	1
Salpida indet.	5	9	4	0	3	4	25
Scyphozoa indet.	0	0	0	0	1	0	1
Siphonophora indet.	45	78	86	72	73	79	433
Turbellaria larve	7	3	7	3	2	4	26
	1247	1314	1294	1347	1141	1231	
Totale rinvenimenti "Altro zooplancton" per stazione							

(I) Fino a gennaio 2004 le larve di Echinodermi “auricularia e “bipinnaria” sono state considerate complessivamente

Tabella 14: Lista dei taxa di Altro Zooplancton individuati nel periodo giugno 2002-gennaio 2007 e numero dei ritrovamenti per stazione e complessivo.

Il livello tassonomico raggiunto nella determinazione dei taxa di Altro zooplancton è per forza di cose meno approfondito rispetto a Cladoceri e Copepodi, vista l'estrema varietà di Phyla che lo compongono. Risultano perciò meno evidenti anche le differenziazioni eventualmente presenti tra le sei stazioni di campionamento. Comunque, il taxon risultato più frequente è Appendicularia indet. (609), seguito da Gastropoda larve (598), Hydromedusae indet. (584), Annelida larve (520), Chaetognatha indet. (515) e Bivalvia larve (507): la frequenza di rinvenimento di questi taxa è risultata abbastanza omogenea nelle sei stazioni. Interessanti le frequenze di Isopoda Epicaridea indet., decisamente più elevate nella stazione di Carbonifera (70), probabilmente per la corrispondente abbondanza di Copepodi in questa stazione, dei quali sono parassiti. Altre differenze tra le varie stazioni si possono notare sia a livello dei taxa di larve di organismi bentonici (la cui presenza o assenza a seconda della tipologia di sedimento influenza la frequenza di ritrovamento delle larve nel plancton, vedi per esempio le frequenze nelle varie stazioni delle larve actinotrocha e tornaria), sia di quelli tipici di acque del largo,



oloplanctonici, come per esempio Dolioli, Sifonofori e Pteropodi, la cui frequenza è influenzata dalla probabilità che acque del largo possano, in certe situazioni meteorologiche, arrivare fin sotto costa.

4 MONITORAGGIO SEDIMENTO

Tabella 15 - 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	042,00	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 2006) eseguita dal 4 al 29 settembre 2006

4.1 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.

Tabella 16 - Descrizione delle stazioni di campionamento dei sedimenti marini

FM05: davanti alla foce del fiume Morto, sulla batimetria dei 13 m, a circa 300m dalla costa.
AT01: davanti ad Antignano, sulla batimetria dei 50 m, a circa 1,5 mn dalla costa.
CS05: davanti a Marina di Cecina, sulla batimetria dei 18 m, a circa 2,7 mn dalla costa
CR05: circa 7 mn a NW di Punta Ala, sulla batimetria dei 48 m
EB01: a largo di Capo Bianco (Portoferraio, Elba) sulla batimetria dei 104 m
FO05: davanti alla foce del Bruna (Castiglione della Pescaia), sulla batimetria dei 42 m, a circa 1,8 mn dalla costa

Sui sedimenti sono state fatte analisi, di metalli pesanti, sostanza organica 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. 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.



Tabella 17 - analisi granulometriche(classi %) dei sedimenti marini nel periodo 2006

Stazione	Data	Sabbia (0,063 mm < x < 2 mm)	Ghiaia (diametro > 2 mm)	Peliti (diametro < 0,063 mm)
AT01	20/9/2006	1,79	0,43	97,78
CS05	11/10/2006	6,10	0,54	93,36
CR05	4/9/2006	4,85	0,08	95,07
EB01	19/9/2006	11,77	0,13	88,10
FO05	29/9/2006	1,73	0,04	98,23
FM05	20/9/2006	0,74	0,06	99,20

Tabella 18 - concentrazioni di metalli ($\mu\text{g/kg p.s.}$) e sostanza organica (mg/kg p.s.) nei sedimenti marini nel periodo 2006

Stazione	Data	Hg	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	V	As	Ni	Al	Fe	TOC
FM05	20/9/2006	278,69	316,39	77131,15	20573,77	71967,21	43360,66	40901,64	8180,33	63852,46	21065573,77	25573770,49	0,47
AT01	20/9/2006	2096,77	625,00	80403,23	31693,55	64516,13	30080,64	37419,35	19274,19	67661,29	14758064,52	17661290,32	0,63
CS05	11/10/2006	353,33	454,67	122666,67	16666,67	62533,33	38333,33	34866,67	8933,33	132000,00	16800000,00	25800000,00	0,61
CR05	4/9/2006	675,68	621,62	93243,24	29234,23	98648,65	40045,04	91891,89	23288,29	52252,25	44594594,59	29324324,32	0,55
EB01	19/9/2006	279,66	566,95	95762,71	35084,75	74491,52	31949,15	63559,32	27881,36	72966,10	25762711,86	25169491,52	0,35
FO05	29/9/2006	470,15	596,27	56641,79	24029,85	79850,75	36044,78	45895,52	16194,03	48059,70	18656716,42	26119402,98	0,48

5 MONITORAGGIO BIOTA

Tabella 19 - 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 2006) eseguita dal 5 al 20 settembre 2006

5.1 OSSERVAZIONI GENERALI

Le misure di bioaccumulo sono state effettuate in *Mytilus galloprovincialis*. Il *Mytilus galloprovincialis* si riproduce generalmente 2-3 volte nell'arco dell'anno, con picchi in primavera e in autunno. La maturità sessuale viene raggiunta all'età di 5-8 mesi, corrispondente ad una taglia di circa 30 mm; gli organismi vengono generalmente campionati al raggiungimento della taglia commerciale di circa 50 mm, corrispondente ai giovani adulti di circa 18 mesi. Nella



stazione di Elba Nord il campionamento è stato effettuato da impianto artificiale opportunamente allestito, nelle altre da banchi e giacimenti naturali.

Tabella 20 - concentrazioni di metalli ($\mu\text{g/kg p.s.}$) nei mitili nel periodo 2006

Stazione	Data	Hg	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	V	As	Ni	Al	Fe
FM05	11/9/2006	370,97	724,19	4258,06	2782,26	61451,61	7201,61	919,36	8306,45	4354,84	507258,06	404838,71
AT01	20/9/2006	322,03	1000,0	14152,54	3423,73	175423,73	7101,69	2483,05	17288,14	16864,41	358474,58	402542,37
CS05	20/9/2006	519,23	1163,46	9057,69	6269,23	102884,61	25288,46	1451,92	15384,61	15384,61	614423,08	552884,61
CR05	18/9/2006	409,10	659,85	93181,82	3416,67	106818,18	9015,15	2439,39	15984,85	62348,48	1121212,12	1575757,58
EB01	5/9/2006	317,46	1865,08	10158,73	8650,79	357936,51	8015,87	5238,09	15634,92	11349,21	139682,54	274603,18
FO05	18/9/2006	196,43	1125,00	119642,86	4714,28	121428,57	15000,00	7455,35	14732,14	70446,43	2241071,43	2571428,57

Si ritiene di dover prestare particolare attenzione alla concentrazione media annuale di mercurio delle varie aree, in considerazione sia della anomalia geochimica 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).

6 MONITORAGGIO BENTHOS

Tabella 21 - 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

Nel periodo in esame non erano previste campagne di monitoraggio: si riportano le ultime effettuate

6.1 POSIDONIA OCEANICA

Il “Monitoraggio del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica*”, 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, a sud della città di Livorno, Elba nord, lato settentrionale dell’Isola d’Elba e Carbonifera, nel Golfo di Follonica.

Il monitoraggio, iniziato nel 2002 e terminato nel marzo 2006 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”. Questa



tecnica è utilizzata allo scopo di monitorare la dinamica del limite inferiore della prateria, zona considerata insieme al limite superiore come più facilmente suscettibile ai cambiamenti ambientali, e viene seguito il protocollo adottato dal *Réseau de Surveillance Posidonies en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur* (Bertrand et al., 1986). La messa in mare di 10 corpi morti posizionati ad una distanza precisa dal limite della prateria (20 cm.), 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 può estirpare 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. Con questa tecnica del "balisage", così come indicato nelle metodiche di riferimento, si ottengono quindi informazioni di dettaglio ma limitatamente ad un tratto non molto esteso; una visione d'insieme della prateria che si vuole studiare può essere fornita dall'impiego del Side Scan Sonar. Le due tecniche utilizzate contemporaneamente possono dare un completamento al quadro conoscitivo dello studio sulla prateria.

Il periodo trascorso dall'inizio del monitoraggio, quattro anni, non è ancora sufficiente nel dare indicazioni precise sullo stato di salute delle tre praterie prese in esame: infatti, in letteratura, il tempo consigliato per avere tali indicazioni è di circa sette anni. Ciò nonostante, lo studio dei parametri durante questo periodo può almeno segnalarci un andamento del limite della prateria e dello stato di stress della pianta

Antignano (AT10)

L'area della prateria ispezionata non ha presentato variazioni per quanto riguarda nuovi insediamenti urbani sulla costa e caratteristiche della colonna d'acqua durante questi quattro anni; 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, tanto è vero che lungo la colonna d'acqua si registrano costantemente elevati valori di trasparenza calcolata con il metodo del *Disco Secchi*. La riprova però, della presenza di correnti di fondo è data dalla documentazione fotografica e dalla misura della distanza del limite inferiore della prateria ai corpi morti posizionati. Da un anno all'altro numerosi corpi morti sono stati ritrovati completamente insabbiati, mentre alcuni anni, gli stessi corpi morti erano completamente esposti tanto da notare la precedente colonizzazione da *fouling*.

Nelle seguenti immagini si può notare il corpo morto n. 1 insabbiato, ma con la parte inferiore scoperta da poco tempo, tanto che ancora non è stata colonizzata da nessun organismo, e lo sprofondamento del corpo morto n. 6: è da sottolineare che tutti i corpi morti erano stati precedentemente posizionati sulla superficie e ad una distanza di 20 cm dal limite della prateria.



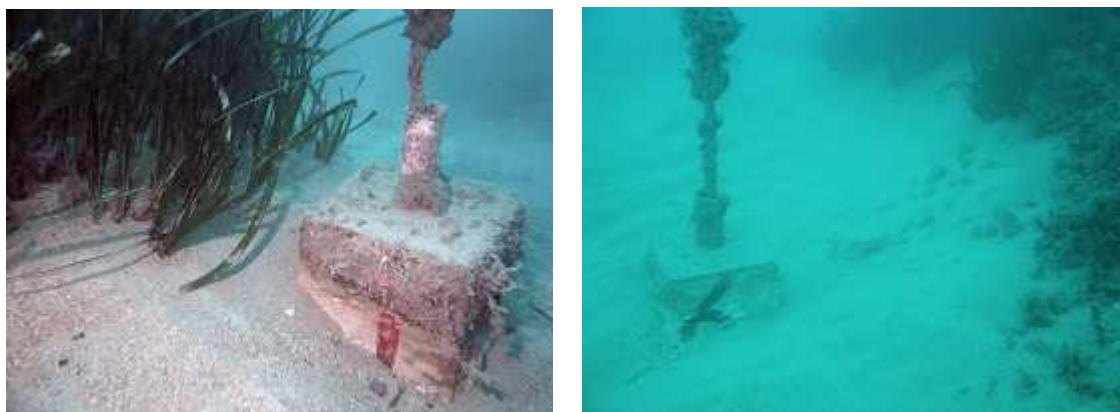


Figura 4 - Insabbiamento del corpo morto n. 1 (a sinistra) e sprofondamento del corpo morto n. 6 (a destra)

Abbiamo notato che nonostante la presenza di correnti di fondo, la trasparenza lungo la colonna d'acqua è sempre stata elevata e questo può essere messo in relazione alla tipologia del substrato presente nel sito. Dall'analisi granulometrica infatti si osserva che il sedimento è cristallino con una forte componente sabbiosa: evidentemente questo permette, nonostante le correnti di fondo che mettono in movimento il sedimento, una veloce deposizione dello stesso sul substrato in modo da non influire sulla trasparenza della colonna d'acqua.

Dall'analisi del principale descrittore in uso nella metodologia di studio, la prateria in esame, negli anni di monitoraggio, presenta un leggero aumento, seppur minimo e con l'eccezione del 2006, 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 fino ad arrivare a 5,7 nel 2006.

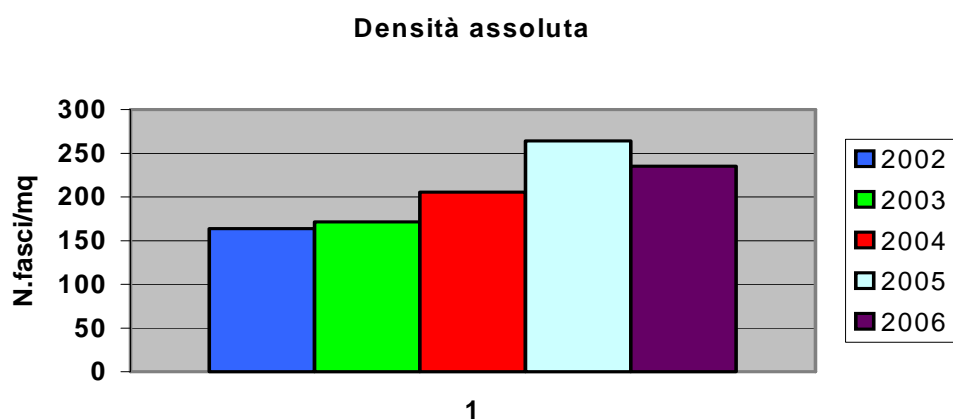


Grafico 30 - Densità assoluta - Antignano

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 pressoché costante durante il 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. Le misure delle distanza non evidenziano nessun tipo di andamento a causa, così come è stato detto precedentemente, della forte corrente di fondo. Tale fenomeno ha fatto sì che durante questi anni, lo stesso corpo morto si trovasse a distanze diverse anno dopo anno.

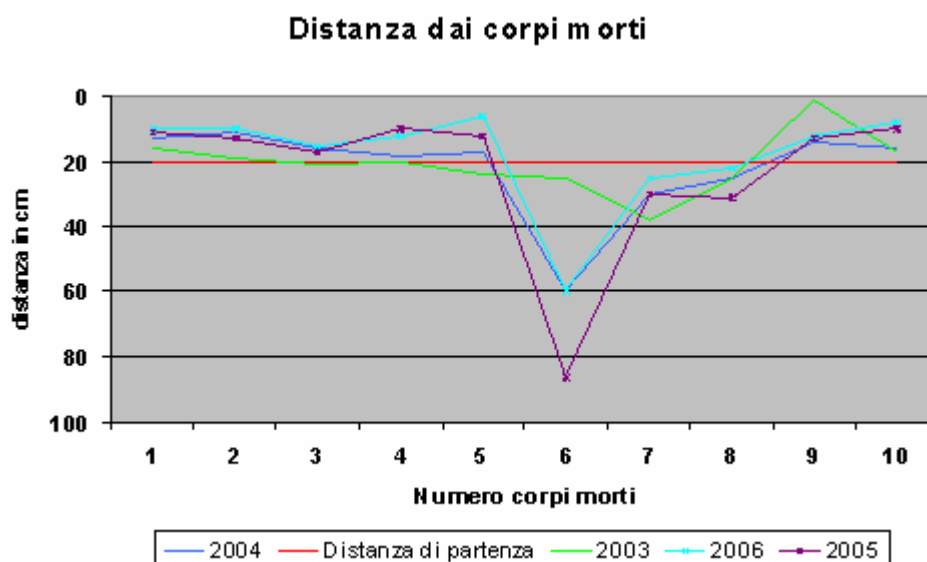


Grafico 31 - Distanza dai corpi morti - Antignano

Elba Nord (EB02)

La prateria ispezionata presenta il limite inferiore ad una profondità di circa 22 metri; il limite è di 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 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 che non segue un andamento preciso variando di numero di foglie ogni anno.



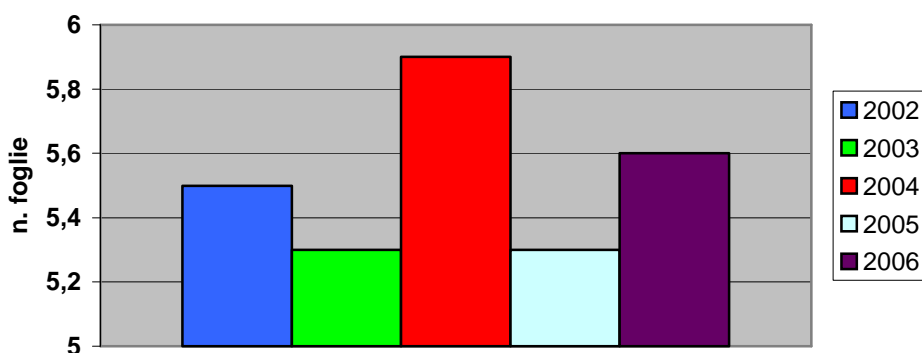


Grafico 32 - Numero di foglie per fascio - Elba Nord

La distanza dei corpi morti dal limite presenta valori che segnalano l'avanzamento della prateria verso il largo mentre altri rappresentano una regressione del limite.

Tutte queste informazioni (distanza dei corpi morti dal limite, densità fogliare, numero di foglie per ciuffo), che non hanno un andamento preciso, confermano l'impressione avuta sin dal primo anno di monitoraggio e cioè che questa prateria è in una zona in cui, evidentemente, il limite della prateria è particolarmente sofferente anche a causa di un aumento, osservato nel corso del monitoraggio di un popolamento a *Caulerpa racemosa* che va ad insidiare la disponibilità di substrato alla pianta.

Carbonifera (CR10)

La prateria ispezionata, nel Golfo di Follonica, presenta il limite inferiore ad una profondità di circa 20 metri. Il limite della prateria è di tipo 1 cioè netto (*Meinész & Laurent, 1978*), con un fronte della prateria che termina bruscamente su un fondale di sabbia. Questo tipo di limite è apparentemente condizionato dal fattore edafico, cioè dal tipo di sedimento e dalla natura del substrato.

Durante le numerose immersioni effettuate sul sito, infatti, si è registrata una continua sospensione che influenza spesso anche la trasparenza della colonna d'acqua. A dimostrazione di ciò, l'analisi granulometrica mostra un sedimento con una frazione molto alta delle peliti, la frazione più leggera della percentuale in peso.



Figura 5 - Fotografia di un corpo morto, sito di Carbonifera



La prateria è continua e presenta un elevato ricoprimento: durante gli anni è sempre stato superiore al 75%. Per quanto riguarda la produzione primaria fogliare per fascio essa è abbastanza costante ad esclusione del valore rappresentativo del 2002.

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.

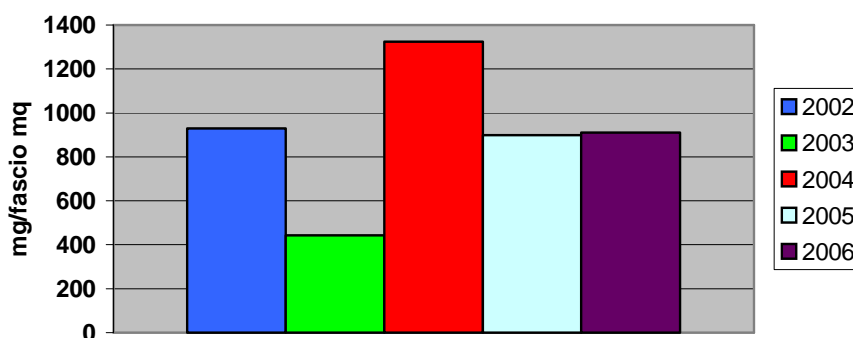


Grafico 33 - Produzione primaria – Carbonifera

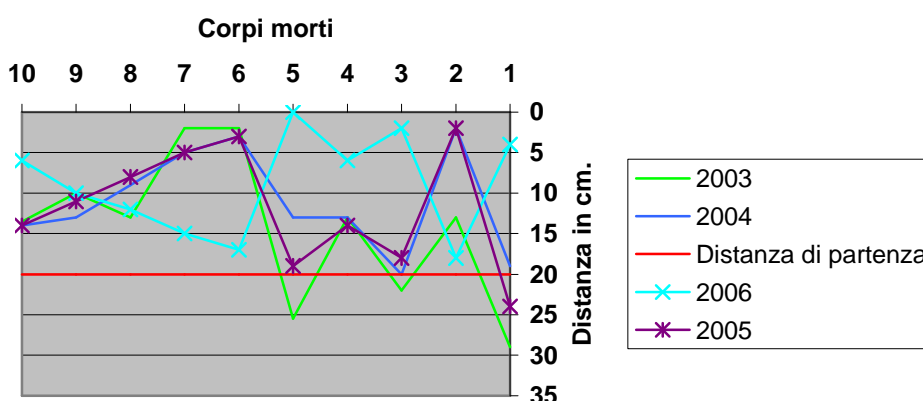


Grafico 34 - Distanza dai corpi morti – Carbonifera

Come è stato accennato durante la premessa, per avere dei dati significativi sulla dinamica del limite inferiore della prateria a *Posidonia oceanica* e sullo stato di salute in generale della pianta, dovremmo monitorare il sito per almeno sette anni, così come riportato in numerosi lavori in letteratura. Nonostante questo, alcune indicazioni dopo 5 anni possiamo ricavarle.

Innanzitutto, la prateria “Elba Nord” presenta uno stato di stress generalizzato, dimostrato dai valori di densità e del ricoprimento della pianta. Nelle acque circostanti l’Isola d’Elba la trasparenza raggiunge valori estremamente elevati tanto che alcune zone di *Posidonia oceanica* sono state ritrovate alla profondità di 45 metri: il fatto che si ritrovi un limite della pianta a soli 20 metri di profondità può dimostrare la presenza di un fattore di stress.

La causa può essere ricercata nella vicinanza del golfo di Portoferraio, dalla presenza a poche decine di metri di una spiaggia molto frequentata e, in ultima analisi, dalla tipologia del substrato che non è considerato molto favorevole all’instaurarsi della pianta. Dall’analisi granulometrica, il sedimento presenta valori uniformi dei componenti della percentuale in peso a differenza delle



altre due praterie in esame. “Antignano” e “Carbonifera” presentano infatti valori di sabbia oppure di peliti molto elevati: queste due frazioni sono preferite dalla pianta per colonizzare il substrato.

Il controllo dello stato di salute della prateria però non dovrebbe estinguersi nello studio dei parametri fenologici e nel monitoraggio del limite: le correlazioni che si instaurano tra prateria e numerosi altri organismi, alla base dell’ecosistema a *posidonia*, potrebbero dare indicazioni altrettanto significative. Ad esempio, è in corso un lavoro sull’osservazione dell’abbondanza delle oloturie nei siti prescelti per il monitoraggio della *posidonia*: è stato osservato infatti che sia la natura del sedimento sia la presenza più o meno ravvicinata della pianta influenza l’abbondanza di questo organismo.



Figura 6 - esempio di mappatura della prateria di Posidonia mediate Side Scan Sonar

Per quanto riguarda lo studio della dinamica del limite inferiore, si sottolinea ancora una volta l’utilità di affiancare alla tecnica del “balisage” anche quello del *Side Scan Sonar* (SSS) in modo da ottenere una fotografia del limite più estesa e meno influenzata da eventi negativi. Può capitare, infatti, un evento meccanico che strappa o trascina i corpi morti (ancora di nave, strascichi illegali, posizionamento di dissuasori per la pesca, ecc.) e, in considerazione del breve tratto studiato, questo si risolverebbe in una perdita di dati.

L’uso del SSS permetterebbe una visione in larga scala e una sicurezza di dati che comunque necessitano sempre di una “verità mare” data appunto dalla tecnica del “balisage”.

6.2 SABBIE FINI BEN CALIBRATE (SFBC): ANNO 2006

Lo studio delle comunità macrozoobentoniche, nelle 3 stazioni di prelievo, ha permesso di identificare 3989 individui appartenenti a 60 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 2026 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, crostacei ed echinodermi per un totale di 36 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei molluschi che costituisce il 39% del totale, seguono i policheti (28%), i crostacei (22%) e gli echinodermi (11%)

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,69, un indice di ricchezza specifica di 4,60, un indice di equiripartizione di 0,52 ed un indice di dominanza di 0,83.

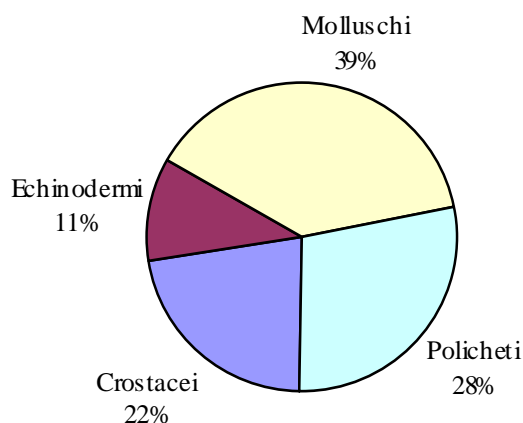


Grafico 35 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 9 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Macra stultorum*, *Neverita josephina*, *Pharus legumen*, *Tellina fabula*, *Tellina pulchella*, *Aricidea capensis bansei*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*) pari al 32% delle specie complessivamente rinvenute.

Tali specie sono accompagnate da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (7%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (3%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini di Alto Livello (3%), da specie tipiche della biocenosi del Detritico Costiero (3%), da specie tipiche delle praterie di *Posidonia oceanica* (3%) (il mollusco gasteropode *Smaragdia viridis*), da elementi misticoli (18%) tipici di fondi eterometrici, da specie limicole (18%), da specie sabulicole (7%), da elementi minuticoli (3%) legati sia a sabbia fine che a fango e da specie indicatrici di presenza di sostanza organica (3%).



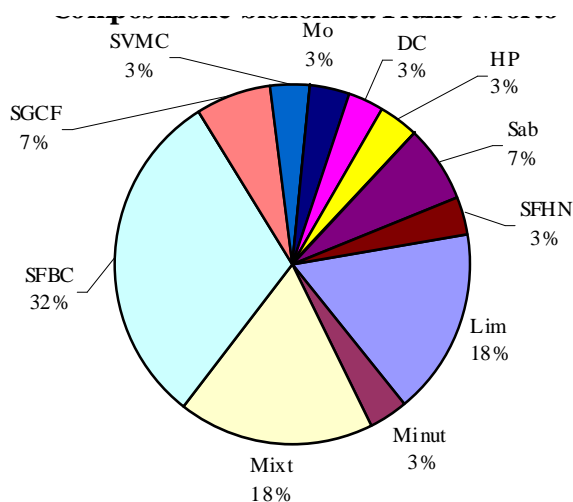


Grafico 36 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006

L'analisi dei gruppi trofico-ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai carnivori-onnivori (40%); non trascurabile la presenza sia dei detritivori superficiali (32%) che dei filtratori (28%).

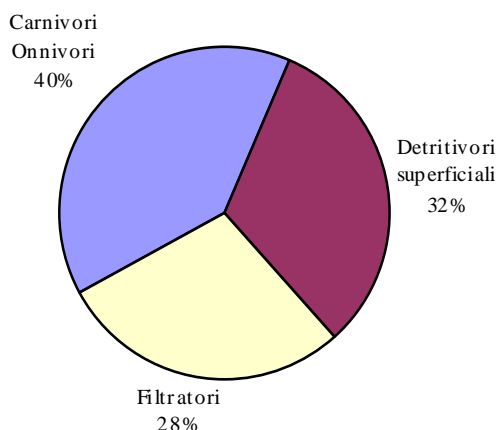


Grafico 37 – composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006

Marina di Castagneto (CS 05)

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 1320 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, echinodermi e crostacei, per un totale di 31 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei molluschi (39%), seguono i policheti (32%), i crostacei (26%) e gli echinodermi (3%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,59, un indice di ricchezza specifica di 4,18, un indice di equiripartizione di 0,52 ed un indice di dominanza di 0,79.

La biocenosi SFBC è rappresentata da 12 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Macra stultorum*, *Nassarius mutabilis*, *Pharus legumen*, *Tellina fabula*, *Tellina pulchella*, *Euclymene oerstedii*, *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi*, *Spiophanes bombyx*) pari al 53% delle specie complessivamente rinvenute.



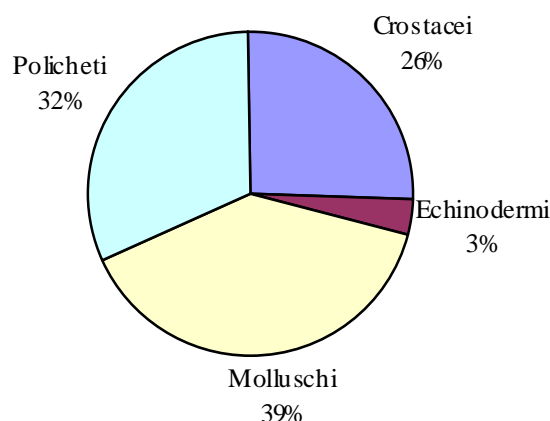


Grafico 38 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006

Tali specie sono accompagnate da specie limicole (9%), 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 di Alto Livello (4%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (4%), da specie misticole (9%) tipiche di fondi eterometrici, da specie sabulicole (9%) e da specie minuticole (4%) legate sia a sabbia fine che a fango.

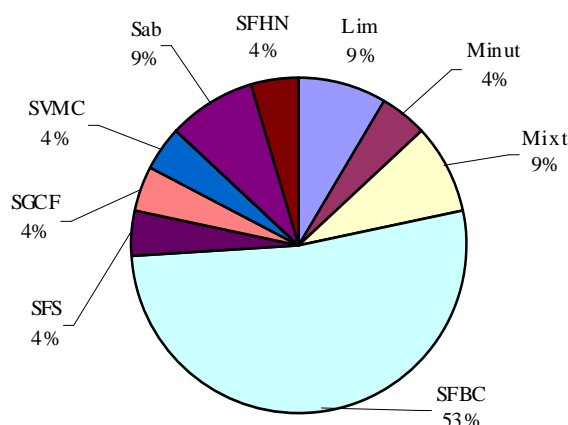


Grafico 39 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006

L'analisi dei gruppi trofico ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (56%); non trascurabile la presenza sia dei carnivori-onnivori (22%) che dei filtratori (22%).



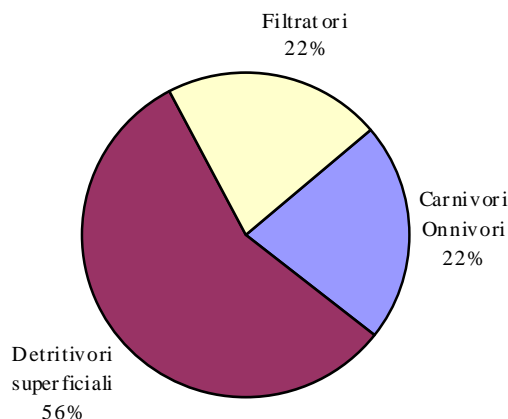


Grafico 40 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006

Foce Ombrone (FO 05)

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 643 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi e crostacei, per un totale di 21 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 43% del totale, seguono i molluschi (38%) ed i crostacei (19%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,67, un indice di ricchezza specifica di 3,09, un indice di equiripartizione di 0,61 ed un indice di dominanza di 0,86.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 8 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Chamelea gallina*, *Tellina fabula*, *Aricidea capensis bansei*, *Euchone rosea*, *Euclymene oerstedii*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*) pari al 46% delle specie caratteristiche complessivamente rinvenute.

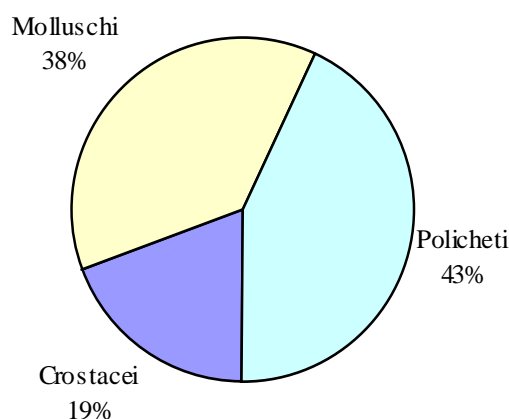


Grafico 41 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006

Tali specie sono accompagnate da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (12%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (12%), da specie tipiche della biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (6%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie relativamente protette dal moto ondoso (6%), da specie limicole (12%) e da specie sabulicole (6%).



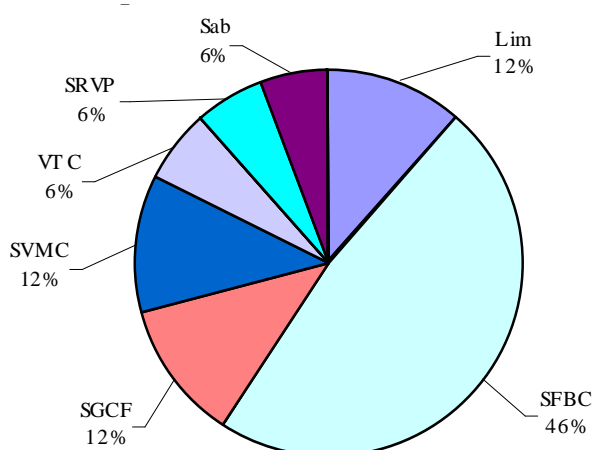


Grafico 42 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006

L'analisi dei gruppi trofico ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (54%); non trascurabile la presenza sia dei filtratori (23%) che dei carnivori-onnivori (23%).

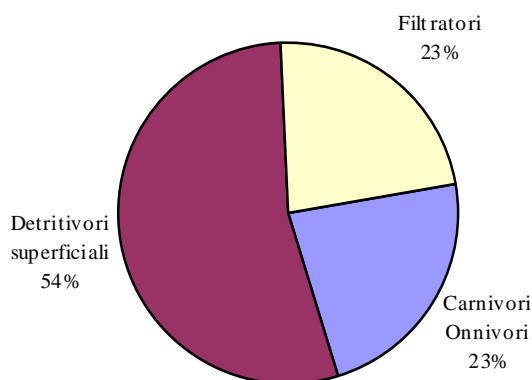


Grafico 43 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006



7 LETTERATURA CONSULTATA

- AA.VV., 2003. Completamento del quadro conoscitivo relativo all'ecosistema marino-costiero, Supporto tecnico alla Regione Emilia Romagna, alle province, alle autorità di bacino per l'elaborazione del piano regionale di tutela delle acque e piano territoriale di coordinamento provinciale.
- Aminot A., Kerouel R., 1995. Reference material for nutrients in seawater: stability of nitrate, nitrite, ammonia and phosphate in autoclaved samples, *Marine Chemistry* 49: 221-232.
- ARPAT, 2002. Indici di qualità 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 µm 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 balneabilità.
- 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-Variale 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.
- Bucci M., Mazzoni M., Melley A., 1999. Verso il I rapporto sui corpi idrici italiani
- 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: Arbellidae Hartman, 1944, Oenonidae 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.
- Chen-Tung Arthur Chen, Li-Yu Hsing et al., 2004. Degree of nutrient consumption of upwelled water in the Taiwan Strait based on dissolved organic phosphorus or nitrogen, *Marine Chemistry*.
- Chrétiennot – Dinet M.J., 1990. *Atlas du Phytoplancton Marin. Volume III: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglenophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées e Tribophycées.* Edition du CNRS
- Circolare Ministero della Sanità, 31 Luglio 1998. "Aggiornamento delle metodiche analitiche per la determinazione dei parametri previsti nel decreto interministeriale 17 Giugno 1988 concernenti i criteri per la definizione del programma di sorveglianza di cui all'art. 1 del D.L. 14 Maggio 1988 n. 155 convertito con legge del 15 luglio 1988 n. 271"



- 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.
- Folkard A.R., 1978. Automatic analysis of sea water nutrients, Tech. Rep., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, 46, 23 pp.
- Fonda Umani S., De Olazabal A., Orlandi C., 1993. Distribuzione dei popolamenti mesozooplantonici nell'arcipelago toscano. In: Nuccio C. (ed), Progetto Mare, Regione Toscana-Università degli Studi di Firenze, Firenze: pp. 261-271.
- Frasconi F., Bergamini M.C., Caridei F., Miserocchi S., 1992. Studio geochimico-sedimentologico dei fondali in funzione del ciclo delle sostanze nutritive nel lago di Massaciuccoli, Problemi di eutrofizzazione e prospettive di risanamento del lago di Massaciuccoli-Massarosa, XII-1992.
- Fredericks D.J., Heggie D.T., Longmore A., Palmer D., Smith C., Skyring G., 1999. Nutrient recycling and benthic activity in a shallow coastal lagoon in Western Australia, AGSO Research Newsletter 31.
- 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 réchères 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.
- Hansen D.F., Koroleff F., Determination of nutrients, in Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M., Methods of seawater analysis.
- 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.
- Johnson W.S. & Allen D.M., 2005. Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts. A guide to their identification and ecology. The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London, 379 pp.
- 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 Rechères 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 Austernwirtschaft. 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.
- Nishida, S. 1985. Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (Copepda, Cyclopoida) in the Pacific and Indian Oceans. Bulletin of the Ocean Research Institute, University of Tokyo, n. 20: 167 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.
- Péres 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 Méditerranée, 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 dei principali fiumi in Toscana. A cura di M. Mazzoni. Firenze, 112 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, 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., 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.
- Riedl R., 1991. Fauna e Flora del Mediterraneo. F. Muzzio Ed., Padova: 777 pp.



- Rose M., 1933. Copepodes pelagiques. Faune de France vol. 26. Office Central de Faunistique.
- Ross Sadler, 1997. Preservation Techniques for nutrients analysis, Training Workshop on Nutrient Analysis in Water and Waste Water, 10-16 Marzo 1997, Brisbane, Australia ([www. Commonwealthknowledge.net/comscipg/workshop/report/nutrient.htm](http://www.Commonwealthknowledge.net/comscipg/workshop/report/nutrient.htm)) sito revisionato il 1/6/2005.
- 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. Psychometrika, 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 Phytoplankton 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.
- Treguboff 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.

