

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 GENNAIO 2005 - MARZO 2006

RELAZIONE FINALE

Luglio 2006



La presente relazione è relativa alle attività svolte dal gennaio 2005 al marzo 2006 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).

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

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	32
3.2	Monitoraggio plancton	47
3.2.1	Fitoplancton : anno 2005	48



3.2.2	Fitoplancton: anno 2006	58
3.2.3	Osservazioni generali	62
3.2.4	Mesozooplancton	62
3.3	Monitoraggio sedimento	68
3.3.1	Osservazioni generali	68
3.4	Monitoraggio biota	70
3.4.1	Osservazioni generali	71
3.5	Monitoraggio benthos	72
3.5.1	Posidonia oceanica	72
3.5.2	Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC): anno 2005	78
3.5.3	Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC): anno 2006	82
4	LETTERATURA CONSULTATA	87



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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio plancton

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

Analisi: Daniela Verniani; Marco Cruscanti

Monitoraggio sedimento

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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio biota

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

Analisi: Luisa Gori.

Monitoraggio benthos

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

Analisi: Michele Magri; Andrea Valentini; Daniela Verniani.



1.1 CARATTERIZZAZIONE DEL MEZZO NAVALE UTILIZZATO

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

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

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

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

Dati tecnici del Poseidon

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





Figura 1 - Veduta d'insieme M/n Poseidon

Logistica degli spazi a bordo e abitabilità

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

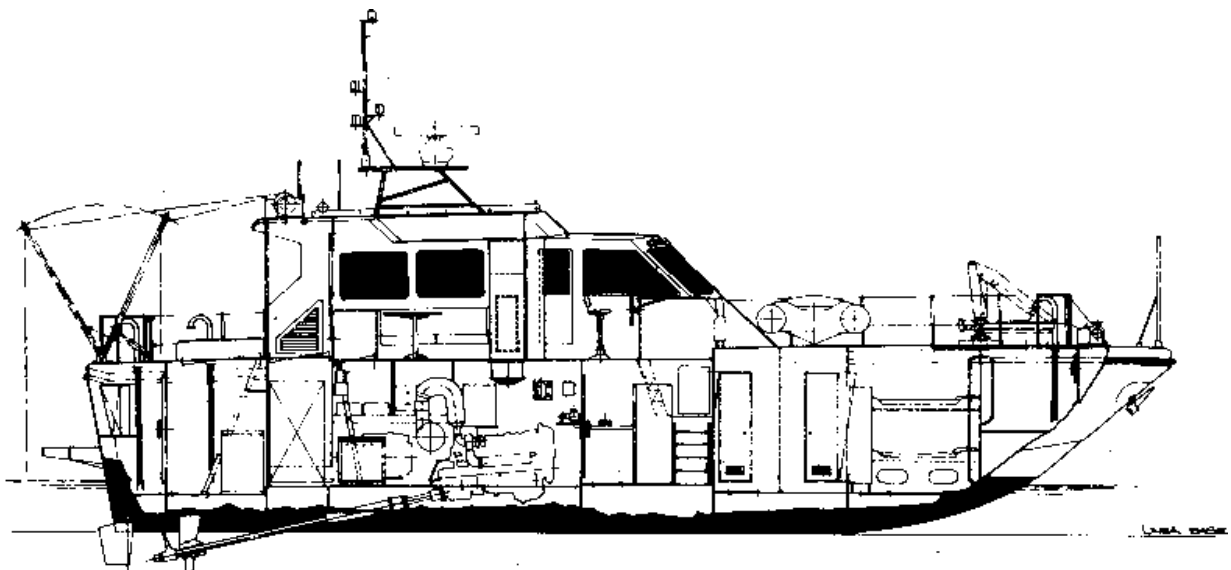


Figura 2 - M/n Poseidon: vista longitudinale con visione degli spazi interni

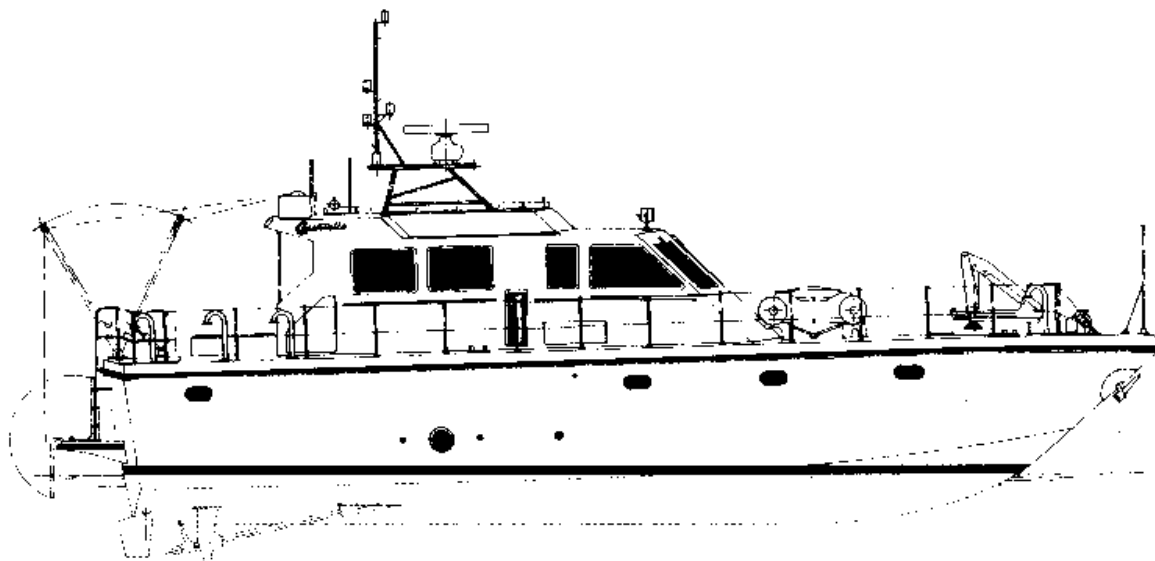


Figura 3 - M/n Poseidon: vista longitudinale

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

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

Attrezzature di coperta

Sul ponte 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 (≤ -15 °C)
- Frigorifero ($4^{\circ} C \pm 2^{\circ}C$)



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 prelievo di materiali di fondo, come ghiaie o sabbie.

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

Cecina. Elevati valori di conducibilità delle acque.

Cornia. Acquifero costituito da depositi alluvionali.

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

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

Ombrone grossetano. Presenta la maggior portata di sedimenti in sospensione dei fiumi toscani, dovuta all'alta erodibilità delle rocce, costituite in buona parte da formazioni plioceniche argilloso – sabbiose, sulle quali è impostato il suo corso. La pianura grossetana è una pianura alluvionale, formata 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 600mila: questo secondo gruppo comprende gli altri comuni della Versilia, tutta la costa tra Livorno e Follonica ed alcune zone dell'Elba.

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

2.2.3 Industria e portualità

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

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

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

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

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

2.2.4 Agricoltura

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



d'acqua costieri ed il ciclo delle acque in genere, ha comportato cambiamenti nel trasporto solido verso il mare e nell'immissione di elementi nutritivi.

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

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

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

2.2.5 Pressioni esercitate sui bacini afferenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.6 Agglomerati presenti

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



2.2.7 Tipologia ed entità degli apporti

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	Totale prov.le				213.870	143.094
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. Fornacione (Motrone)	80.000	30.000
LU	Pietrasanta	Valdicastello	fanghi attivi	fosso (Motrone)	1.000	
LU	<i>Pietrasanta</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>81.000</i>	
LU	Viareggio	Capoluogo	fanghi attivi	f. Faravola (Burlamacca)	83.000	54.000
LU	Totale prov.le				255.000	127.900
PI	Pisa	La Fontina	fanghi attivi	F. Morto	30.000	25.000
PI	Pisa	S. Iacopo	fanghi attivi	F. Morto	35.000	25.000
PI	Pisa	Tirrenia	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	35.000	5.000
PI	Pisa	Marina di Pisa	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	10.000	5.000
PI	Pisa	Oratoio	fanghi attivi	f. Stecchi (Navicelli)	10.000	10.000
PI	<i>Pisa</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>120.000</i>	<i>70.000</i>
PI	S. Giuliano Terme					
PI	Vecchiano	Migliarino	sedimentazione	L. Massaciuccoli	3.000	250
Pi	Vecchiano	Capoluogo	fanghi attivi	L. Massaciuccoli	9.000	8.500
PI	<i>Vecchiano</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>12.000</i>	<i>8.750</i>
PI	Totale prov.le				132.000	78.750
LI	Bibbona	La California	fanghi attivi	f. della Madonna	35.000	3.000
LI	Castagneto C.cci	Marina Castag.	fanghi attivi	f. di Bolgheri	41.000	6.000
LI	Castagneto C.cci	Fontanelle	fanghi attivi	f. dei Mulini (Bolgheri)	2.000	1.300
LI	Castagneto C.cci	Bolgheri	fanghi attivi	b. Fornaci	400	250
LI	<i>Castagneto C.cci</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>43.400</i>	<i>7.550</i>
LI	Cecina	Marina di Cecina	fanghi attivi	f. Nuovo	38.500	25.000
LI	Cecina	Pacchione	fanghi attivi	f. degli Impiccati*	500	150
LI	<i>Cecina</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>39.000</i>	<i>25.150</i>
LI	Livorno	Livorno Rivellino	fanghi attivi	zona portuale (mare)	239.000	160.000
LI	Livorno	Quercianella	fanghi attivi	T. Chioma	5.000	1.500
LI	Livorno	Livorno Paduletta	fanghi attivi	f. della Botticina (zona portuale)	5.000	4.000
LI	<i>Livorno</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>249.000</i>	<i>165.500</i>
LI	Piombino	Ferriera	Fanghi attivi	P.ta Semaforo (mare)	50.000	40.000
LI	Piombino	Montegemoli	Fanghi attivi	f. Corniaccia	2.000	1.600
LI	Piombino	Populonia Staz.	Fanghi attivi	f. Allacciante	1.000	1.000
LI	Piombino	Riotorto	Fanghi attivi	f. Corniaccia Nord	2.000	2.000
LI	<i>Piombino</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>75.000</i>	<i>44.600</i>
LI	Rosignano M.mo	Rosignano S.	fanghi attivi	zona spiaggia Solvay	60.000	20.000
LI	Rosignano M.mo	Castelnuovo M.	fanghi attivi	f. San Giorgio (Fine)	2.000	1.000
LI	Rosignano M.mo	Gabbro	fanghi attivi	b. Sanguigna (Fine)	2.000	1.000
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	400	400
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	400	400
LI	<i>Rosignano M.mo</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>65.400</i>	<i>25.400</i>
LI	San Vincenzo	Guardamare	Fanghi attivi	b. ai Marmi	20.000	10.000
LI	San Vincenzo	La Valle	Fanghi attivi	Punta Sud (mare)	18.000	9.000
LI	San Vincenzo	San Carlo	Fanghi attivi	f. delle Rozze	500	300
LI	San Vincenzo	Zona Industriale	Fanghi attivi	b. del Bufalone	150	100



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 Cangino	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	Scarlinto	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	Camaiore	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	Scarlino	3.313	14.927	5.292	23.532
GR	Castiglione d. Pescaia	10.823	5.407	8.045	24.275
GR	Grosseto	75.257	52.063	109.426	236.746
GR	Magliano in Toscana	3.803	1.302	62.772	67.876
GR	Orbetello	17.718	17.902	43.533	79.154
GR	Monte Argentario	13.367	6.396	-	19.763
GR	Capalbio	4.102	3.993	42.246	50.341
<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)

ProvComune	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
<i>MS Totale provinciale</i>	<i>665.437</i>	<i>113.370</i>	<i>14.334</i>	<i>169.191</i>	<i>962.332</i>	<i>99.076</i>	<i>9.604</i>	<i>2.172</i>	<i>103.586</i>	<i>214.438</i>
LU Forte dei Marmi	44.441	2.180	481	2.742	49.844	6.617	577	79	1.772	9.046
LU Pietrasanta	116.422	24.980	10.277	34.978	186.657	17.334	1.635	1.820	22.317	43.105
LU Camaiore	144.392	14.940	17.924	109.314	286.569	21.498	2.047	2.550	69.171	95.267
LU Viareggio	277.725	38.090	10.335	40.746	366.895	41.350	3.945	1.534	26.174	73.004
<i>LU 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
<i>PI 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
<i>LI 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
<i>GR 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 lamiera zincate e/o verniciate;
- SOL S.p.A. Per la produzione di gas tecnici e medicali: ossigeno, azoto, argon;
- Dalmine. Per la produzione di tubazioni zincate e con rivestimento plastico;



- Centrale Termoelettrica ENEL di Torre del Sale, alimentata a olio combustibile (4 gruppi da 320 MW ciascuno);
- Porto di Piombino. Per il traffico di materie prime o di merci prelaborate destinate alle attività industriali, merci alla rinfusa, traffico di collegamento con le isole e sistema di approvvigionamento di olio combustibile per la CTE ENEL.

Anche per Piombino l'apporto di acque reflue si può scomporre in due distinti settori, considerando quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi. A differenza di Livorno, le acque di scarico civile non recapitano nelle acque portuali ed è in via di completamento un progetto, finanziato in ambito europeo, per il loro 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. Ingrasso di spigole e orate.
- Isola di Capraia: intensivo, di medie dimensioni (1500 m³), costituito da gabbia galleggiante. Ingrasso di spigole e orate.
- Porto Ercole: intensivo, di grandi dimensioni, dotato di gabbie immergibili. Ingrasso 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

2005				2006	
01A	4 - 10 gennaio	07A	6 - 13 luglio	01A	3 - 10 gennaio
01B	17 - 24 gennaio	07B	21 - 28 luglio	01B	19 - 30 gennaio
02A	1 - 4 febbraio	08A	4 - 8 agosto	02A	7 - 14 febbraio
02B	11 - 25 febbraio	08B	16 - 18 agosto	02B	7 - 28 febbraio
03A	2 - 10 marzo	09A	5 - 13 settembre	03A	13 - 17 marzo
03B	17 - 21 marzo	09B	20 - 21 settembre	03B	22 marzo - 3 aprile
04A	1 - 5 aprile	10A	6 - 11 ottobre	04A	13 - 26 aprile
04B	26 aprile - 5 maggio	10B	24 - 25 ottobre		
05A	2 - 5 maggio	11A	2 - 3 novembre		
05B	16 - 24 maggio	11B	16 - 22 novembre		
06A	1 - 9 giugno	12A	9 - 14 dicembre		
06B	15 - 20 giugno	12B	21 - 22 dicembre		



3.1.1 Parametri chimico - fisici

Le attività di monitoraggio marino costiero ai fini della Legge 979/82 (Difesa Mare) svolte dall'ARPAT in convenzione con la Regione Toscana sono cominciate nel maggio del 1997 con l'attivazione della prima convenzione triennale, e sono continuate in virtù dei successivi rinnovi, fino al marzo 2006. I Piani di Monitoraggio, nell'ambito delle varie convenzioni, hanno subito variazioni sia per quanto riguarda la frequenza di monitoraggio che per quanto riguarda le aree soggette al monitoraggio. L'attività di monitoraggio, inerente a tutto il 2005 fino a marzo del 2006, si è svolta in sei aree individuate dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio sulla base dei risultati ottenuti dal primo triennio di attività; di queste, cinque aree sono state definite critiche e una di riferimento. In ogni area è stato fissato un transetto con tre stazioni di indagine, per un totale di 18 stazioni (sei transetti), e la frequenza di campionamento è stata quindicinale durante tutto l'anno.

I parametri che di seguito saranno descritti e che meglio caratterizzano la massa d'acqua dal punto di vista idrologico sono: la temperatura, la salinità e l'ossigeno disciolto.

Temperatura

Dall'analisi dei valori di superficie della temperatura si evidenzia un regolare andamento in buona sintonia con gli andamenti registrati negli anni precedenti. Risulta evidente il carattere periodico della variazione annuale della temperatura con tipico andamento sinusoidale in funzione del ciclo stagionale. Le medie mensili più alte di temperatura sono state raggiunte nei mesi di luglio e di agosto 2005 con valori che si attestano tra i 25° e i 26°C. I valori di temperature più alte si sono registrate alle stazioni del transetto di Antignano, con 26,17 °C nel mese di luglio, mentre in agosto il valore più alto si è registrato alle stazioni del transetto di Elba Nord, precisamente di 26,282°C.

Tipicamente, la temperatura superficiale delle acque costiere, dopo i massimi estivi, subisce una brusca diminuzione con le prime avvisaglie dell'autunno. Nel mese di settembre si osserva in genere, con la fine delle calme estive e i primi fenomeni di instabilità atmosferica dell'inizio di autunno, un rimescolamento del primo strato sopra il termoclino con un trasferimento agli strati profondi del calore superficiale immagazzinato nel periodo estivo. Questo determina la presenza di un primo strato con temperatura quasi costante, di qualche grado inferiore alle temperature superficiali del mese di agosto, separato con un termoclino abbastanza netto dallo strato sottostante.

Dall'analisi dei dati si può constatare la rapida diminuzione dei valori di temperatura che raggiungono il minimo nei mesi invernali. Le medie mensili più basse di temperatura sono state raggiunte nel mese di febbraio, di entrambi i periodi invernali (2005 – 2006), con valori poco superiori a 12° C. In ambedue i periodi è stato misurato un valore di temperatura di circa 9,500°C. Nelle acque costiere diversi fattori, correlati alla tipologia di costa, possono influire sulle temperature superficiali. Diminuzioni nei valori della temperatura possono essere indotti, nel periodo invernale, dalla presenza di apporti lungo costa di acque dolci che, in questo periodo dell'anno, hanno temperature più basse del mare; l'orografia costiera può intensificare la forza del vento (wind-stress) quando questo spira lungo l'asse delle valli provocando fenomeni di "upwelling" di acque profonde più fredde. Al contrario valori alti di temperatura possono essere favoriti in acque ad elevata torbidità, dovuta ad alta densità di biomassa algale fitoplanctonica, che provoca un assorbimento maggiore della radiazione solare da parte della massa d'acqua; questo fenomeno è accentuato in zone con basso fondale dove il rimescolamento verticale della colonna d'acqua è più rapido. Si nota che le temperature delle stazioni a nord di Livorno



risultano nettamente più basse nel mese di febbraio e più alte nel mese di agosto. Questa distribuzione delle temperature lungo la costa toscana è da imputare ai fattori sopra citati, poiché, si tratta di dati riferiti ad una fascia di mare non oltre la distanza di 3000 metri dalla costa; pertanto, quanto osservato non è da mettere in relazione con la circolazione generale del Mediterraneo e, più in particolare, con il flusso di correnti innescato dal gradiente termico esistente tra il bacino ligure e quello del Tirreno meridionale.

Salinità

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

La misura della salinità associata con la temperatura permette di caratterizzare le masse d'acqua dal punto di vista fisico e identificare acque di origine diversa presenti nella stessa area costiera. La salinità può anche fornire utili informazioni per definire la qualità delle acque dal punto di vista chimico e biologico

Le zone interessate dalle foci presentano caratteristiche aline proprie, determinate dalla stratificazione dell'acqua dolce superficiale sullo strato salato sottostante. L'apporto fluviale appare molto evidente soprattutto per quanto riguarda le foci dei fiumi Ombrone e Fiume Morto. In particolare durante i mesi invernali nelle zone antistanti le foci dei due fiumi sopraccitati, o in concomitanza di precipitazioni meteorologiche considerevoli e quindi di una maggiore portata, si sono registrati i valori di salinità più bassi. Nel novembre 2005 il valore di salinità superficiale della stazione situata di fronte la foce dell'Ombrone è stato di 31.503 psu, ma i valori più bassi sono stati registrati nel transetto prospiciente la foce del Fiume Morto. Infatti, nel mese di gennaio 2006 nella stazione prossima alla foce il valore di salinità era di 29,114 psu mentre in quella intermedia si è registrato il valore di 26,764 psu.

L'influenza degli apporti terrigeni veicolati sia dai corsi d'acqua maggiori che da quelli minori non interessa solamente la salinità delle acque marine, ma condiziona profondamente anche le concentrazioni dei principali elementi chimici (azoto, fosforo e carbonio organico) che regolano la produttività primaria nell'ecosistema marino.

Ossigeno disciolto

In generale le variazioni temporali di ossigeno seguono un ciclo regolare che è determinato principalmente dalla alternanza della temperatura dell'acqua. In genere il ciclo presenta le concentrazioni più basse durante i mesi estivi, a causa della maggiore temperatura che non favorisce la solubilità dell'ossigeno in acqua, mentre durante i mesi autunnali e quelli invernali tale tendenza si inverte. Un altro fattore che influenza in maniera considerevole la concentrazione di ossigeno è legato all'attività fotosintetica del popolamento fitoplanctonico. Infatti, concentrazioni elevate si osservano in primavera in seguito all'apporto di ossigeno di origine fotosintetico associato alle fioriture fitoplanctoniche. Il tenore di ossigeno disciolto, quindi, permette di stimare l'attività della componente fitoplanctonica nell'ambiente e può quindi costituire un indicatore dello stato di trofia del corpo idrico. Le concentrazioni medie sono intorno al 95% e i valori massimi di saturazione, coincidenti con il periodo di fine primavera,



non superano il 110%. I valori più bassi, prossimi a 90%, sono raggiunti in inverno con la stasi dei cicli fitoplanctonici.

3.1.2 Nutrienti

Sono state prese in esame le principali variabili statistiche calcolate sulle concentrazioni espresse in $\mu\text{moli/l}$ dei seguenti nutrienti: azoto ammoniacale, nitroso, nitrico, ortofosfato, azoto e fosforo totale, silicati.

Tabella 8 - Parametri statistici calcolati sulle concentrazioni dei nutrienti trovate da gennaio 2005 a dicembre 2005

	<i>N-tot</i>	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	<i>P-tot</i>	PO_4^{3-}	<i>Silicati</i>
Media	14,71	3,09	3,23	0,36	0,25	0,12	4,45
Errore standard	1,57	0,21	0,26	0,04	0,02	0,02	0,25
Mediana	4,46	0,90	0,92	0,14	0,10	0,00	2,38
Deviazione standard	37,28	5,11	6,17	1,04	0,53	0,42	5,11
Varianza campionaria	1389,77	26,15	38,02	1,09	0,28	0,18	26,13
Curtosi	31,15	20,64	13,56	87,40	38,77	54,55	3,87
Asimmetria	5,18	3,54	3,46	8,36	5,44	6,57	1,79
Intervallo	316,47	48,80	43,72	14,09	5,40	4,71	33,39
Minimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Massimo	316,47	48,80	43,72	14,09	5,40	4,71	33,39
Somma	8339,60	1754,18	1828,69	205,40	144,52	65,61	1909,77
Conteggio	567,00	567,00	567,00	567,00	567,00	567,00	429,00
Livello di confidenza (95,0%)	3,08	0,42	0,51	0,09	0,04	0,03	0,49

I parametri che si discostano maggiormente dal valor medio sono rappresentati dall'Ntot, dall'azoto ammoniacale e dall'azoto nitrico. Limitatamente all'azoto ammoniacale ciò è dovuto essenzialmente alla scarsa stabilità del campione, alla sua difficile conservazione e facilità di contaminazione mentre si suppone che ci sia una relativa alta dispersione di dati per gli altri due parametri menzionati 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. E' peraltro inevitabile utilizzare il metodo manuale di preparazione del reattore se intendiamo raggiungere i limiti di determinazione richiesti a costi sostenibili.

A questo proposito vale la pena ricordare che tutti i parametri indagati sono stati accreditati Sinal nel mese di giugno dell'anno 2005 e per ciascuno il dato è, a richiesta, accompagnato da incertezza di misura. 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 e soltanto tramite un confronto diretto delle misure trovate si è proceduto con la scelta. 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 po' 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. La visita di accreditamento per l'anno 2006 è prevista nei giorni 6-7/7/2006 ed il parametro indagato sarà l'ortofosfato.

Obiettivo di tale elaborazione è quello di valutare l'impatto dei carichi di nutrienti azotati nelle acque marino-costiere e di esaminarne l'andamento spazio temporale. Si è proceduto all'esame dei nutrienti indagati secondo tre aspetti:

- concentrazione media in $\mu\text{moli/l}$ verso tempo (gennaio 2005- dicembre 2005)
- andamento stagionale della concentrazione
- andamento della concentrazione lungo il transetto

Ogni grafico riporta le informazioni relative a tutte le stazioni. Il tratto in grassetto si riferisce al bianco di riferimento: Elba nord.

E' stato elaborato anche il dato del DIN (=dissolved inorganic nitrogen). Esso è costituito dalla sommatoria di azoto ammoniacale, nitroso e nitrico ed è uno dei parametri che riveste un ruolo importante ai fini della classificazione trofica delle acque. È infatti utilizzato insieme all'Ossigeno disciolto, alla Clorofilla *a* e al fosforo totale nel calcolo dell'indice Trix per stabilire, ai sensi del D. Lgs. 152/99, la qualità delle acque.

NH₄: i valori di azoto ammoniacale variano tra 1 e 7 senza mostrare picchi significativi. E' possibile osservare solo nella stazione Elba nord una fluttuazione stagionale con un picco di massimo a maggio. In più, dove i valori sono bassi (< 2.0 $\mu\text{moli/l}$) non si osserva trend rispetto alla costa, dove sono elevati (>4.0 $\mu\text{moli/l}$) diminuiscono andando verso il largo.

NO₂: le concentrazioni di azoto nitroso procedono diminuendo da gennaio a agosto. Fiume Morto registra un picco in autunno. L'Elba rasenta i minimi di determinazione. Non si osservano trend spaziali.

NO₃: Le stazioni di Fiume Morto e Foce Ombrone registrano un forte calo procedendo da valori intorno a 13-15 $\mu\text{moli/l}$ a gennaio verso valori inferiori a 4.0 $\mu\text{moli/l}$ da maggio in poi. Per le stazioni di Foce Ombrone e Fiume Morto i massimi stagionali si hanno in inverno (soprattutto) e autunno. Dove i valori sono bassi non c'è trend rispetto alla costa, dove sono elevati diminuiscono andando verso il largo per la stazione di Foce Ombrone, mentre rimangono pur sempre elevati a Fiume Morto.

Ntot: per l'azoto totale si sono registrati picchi oltre 50 $\mu\text{moli/l}$ solo a Foce Ombrone in marzo e a Fiume Morto in febbraio. Le concentrazioni sono altrimenti abbastanza stabili sotto 10 $\mu\text{moli/l}$ per tali stazioni. Le stazioni rimanenti non presentano significativi innalzamenti sopra valori di 5 $\mu\text{moli/l}$. A Fiume Morto e Foce Ombrone i massimi stagionali sono in inverno e in autunno.



Anche in questo caso, dove i valori sono bassi ($< 5.0 \mu\text{mol/l}$) non c'è trend rispetto alla costa, dove sono elevati ($> 5.0 \mu\text{mol/l}$) diminuiscono andando verso il largo.

DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen): si hanno picchi intorno a $20 \mu\text{mol/l}$ a Foce Ombrone e a Fiume Morto limitatamente ai primi mesi dell'anno (gennaio e febbraio). Per le altre stazioni i valori sono compresi nell'intervallo $2.0 - 5.0 \mu\text{mol/l}$. I massimi stagionali si registrano in inverno e in autunno a Foce Ombrone e a Fiume Morto, altrove la stagionalità è trascurabile. Le concentrazioni diminuiscono andando verso il largo.

PO₄: i valori sono in genere inferiori ai limiti di determinazione del metodo ($0.1 \mu\text{mol/l}$). Fiume Morto rappresenta un'eccezione: mostra concentrazioni che raggiungono anche $0,3 \mu\text{mol/l}$. I minimi stagionali si hanno in inverno i massimi in autunno. Generalmente si ha un decremento delle concentrazioni spostandosi verso il largo, con l'eccezione inversa ad Antignano.

Ptot: in generale si osservano valori più elevati nel primo semestre ($0.1-0.4 \mu\text{mol/l}$) e minori nel secondo ($<0.1-0.2 \mu\text{mol/l}$) con l'eccezione di Fiume morto. I minimi stagionali si hanno in estate. In alcuni casi (es. Fiume Morto, Elba Nord) si ha un decremento delle concentrazioni spostandosi verso il largo, in altri casi (Carbonifera, Antignano) i valori sono pressochè costanti.

Silicati: Le stazioni sono tutte molto simili con marcatissime fluttuazioni nel tempo e con tre massimi corrispondenti ai mesi di marzo, luglio e ottobre. Stagionalmente i valori medi sono vicini a causa dello sfasamento con le tre fluttuazioni osservate. Picchi stagionali si osservano solo per Foce Ombrone e Fiume Morto. Si ha inoltre un decremento delle concentrazioni spostandosi verso il largo solo a Foce Ombrone; negli altri casi i trend sembrano casuali.

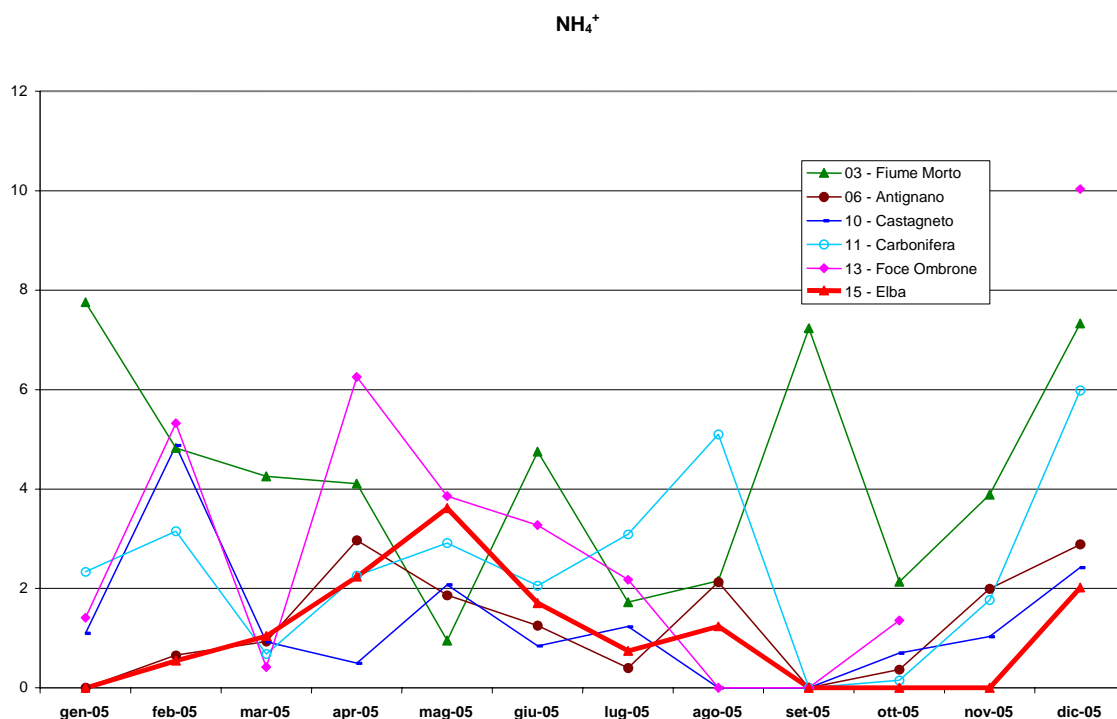


Grafico 1 - Andamento della concentrazione media di azoto ammoniacale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005



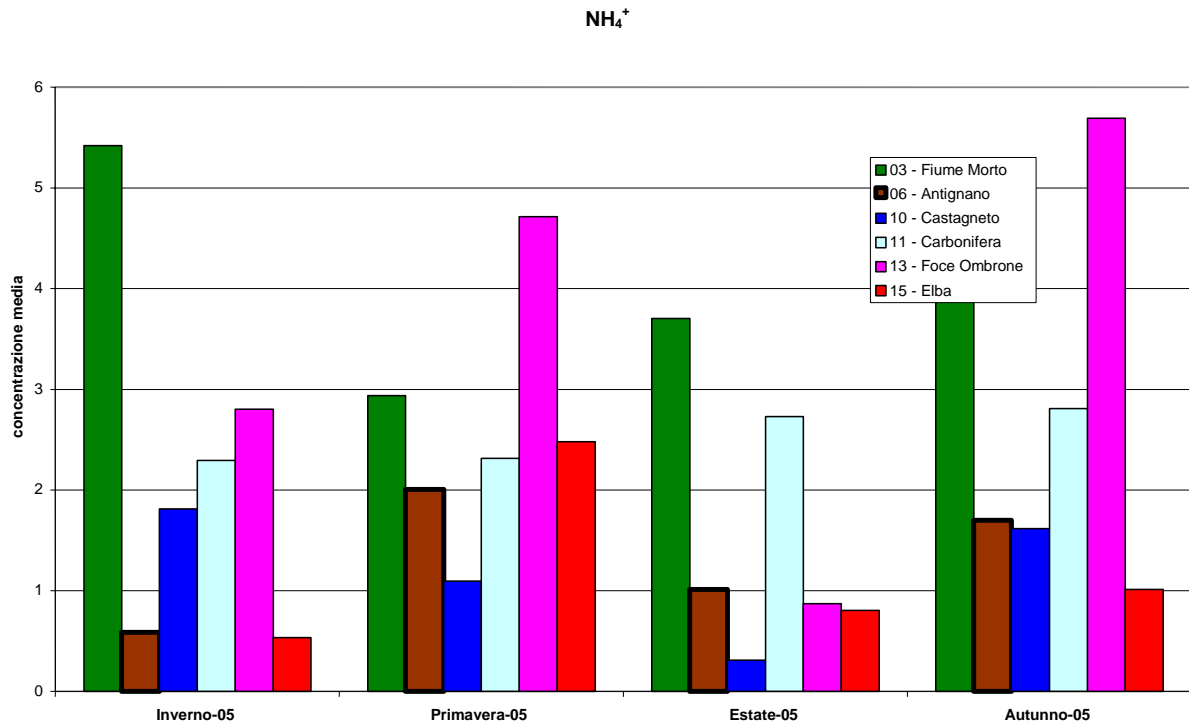


Grafico 2 - Andamento stagionale della concentrazione media (μM) di azoto ammoniacale nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

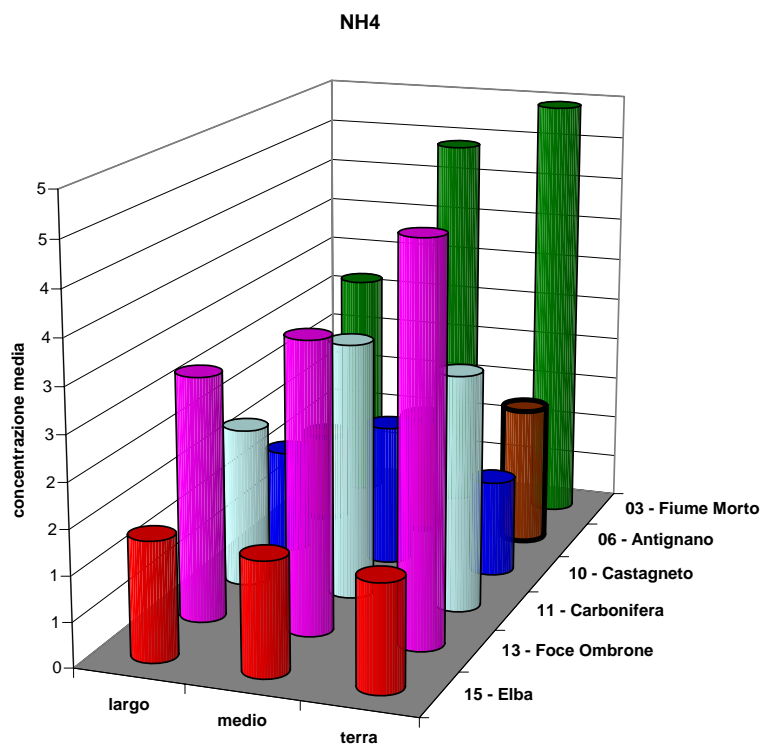


Grafico 3 - Andamento della concentrazione media di azoto ammoniacale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo



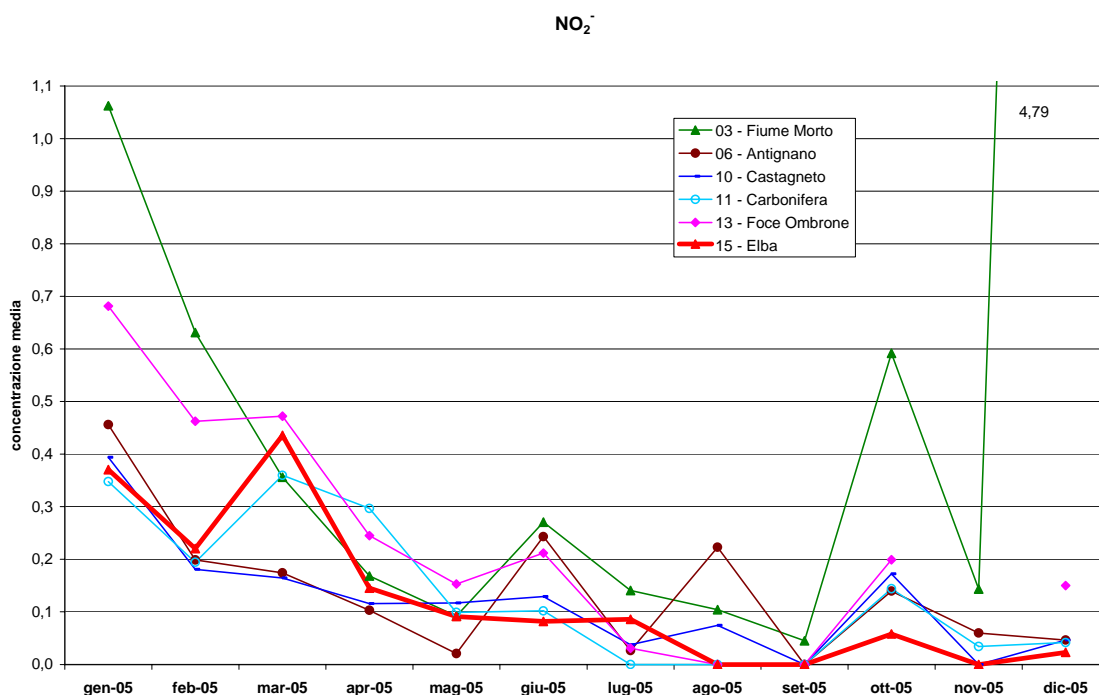


Grafico 4 - Andamento della concentrazione media di azoto nitroso (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

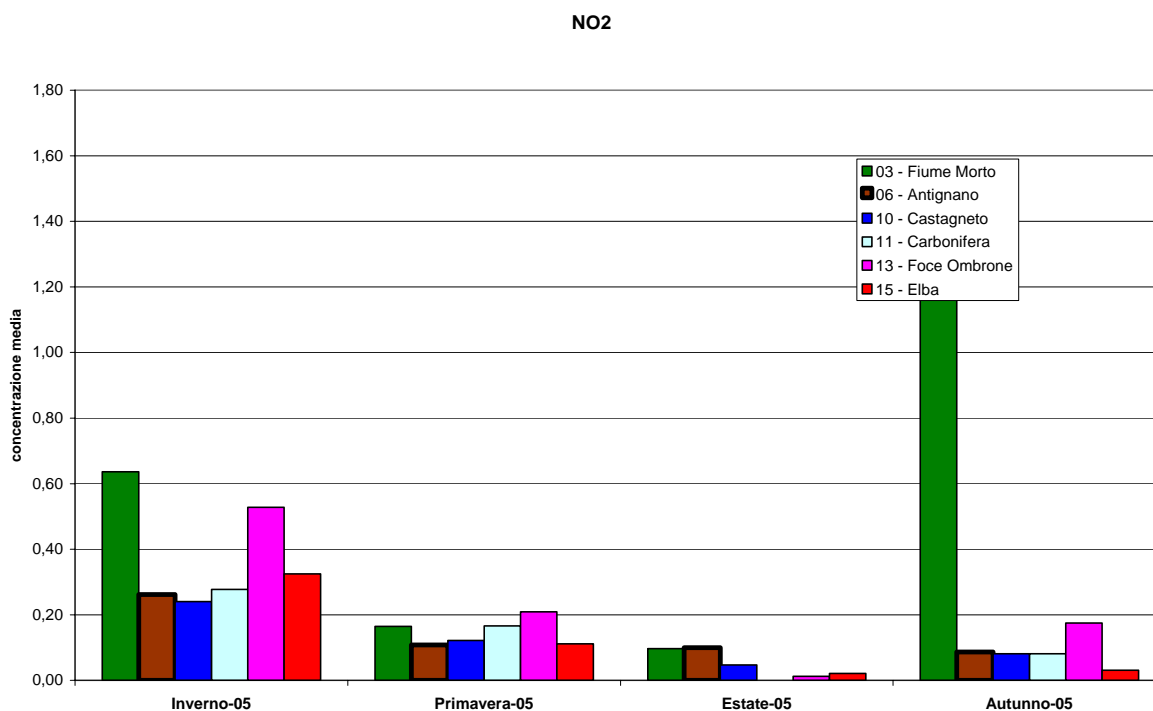


Grafico 5 - Andamento stagionale della concentrazione media di azoto nitroso (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



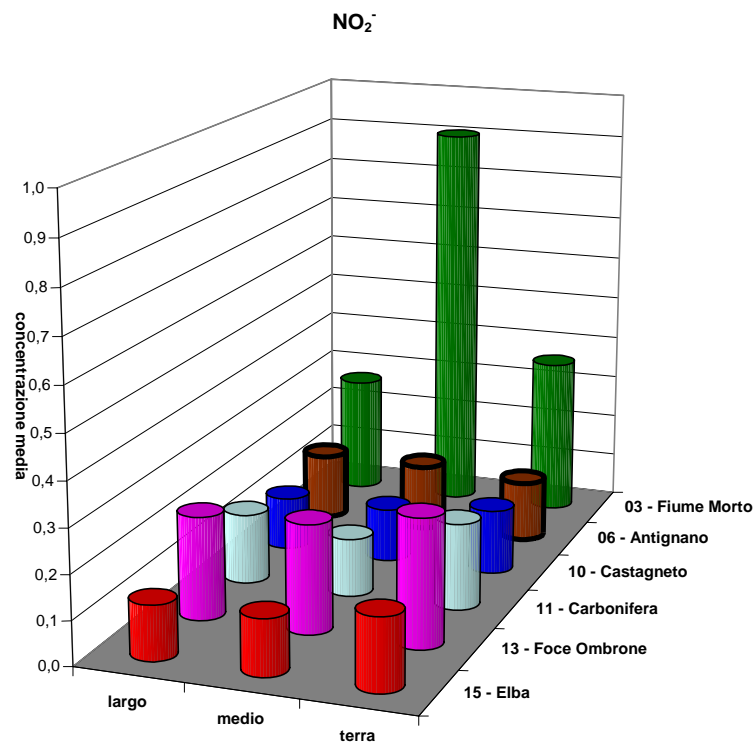


Grafico 6 - Andamento della concentrazione media di azoto nitroso (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

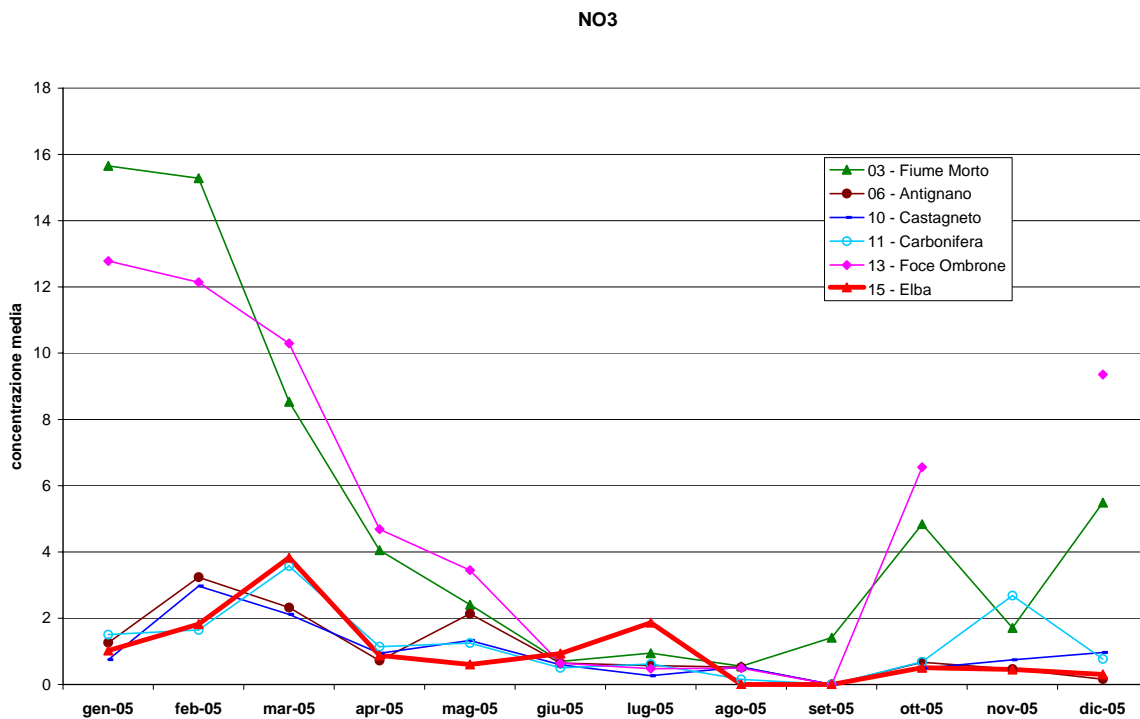


Grafico 7 - Andamento della concentrazione media di azoto nitrico (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



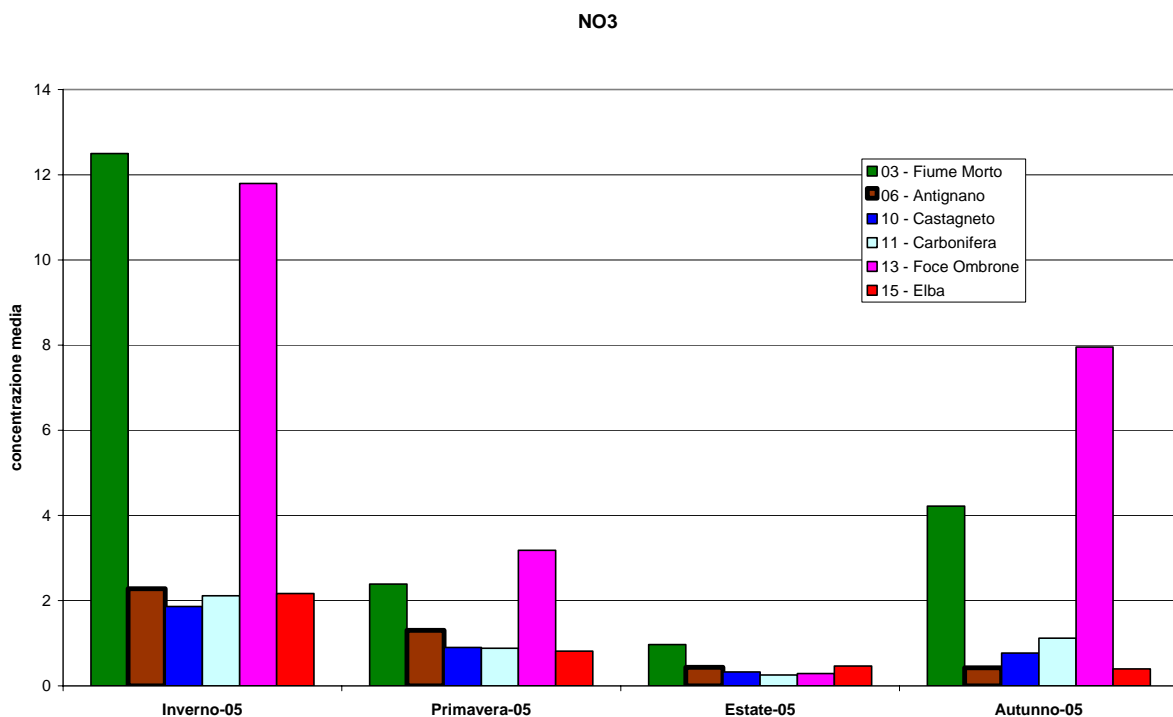


Grafico 8 - Andamento stagionale della concentrazione media di azoto nitrico (µM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

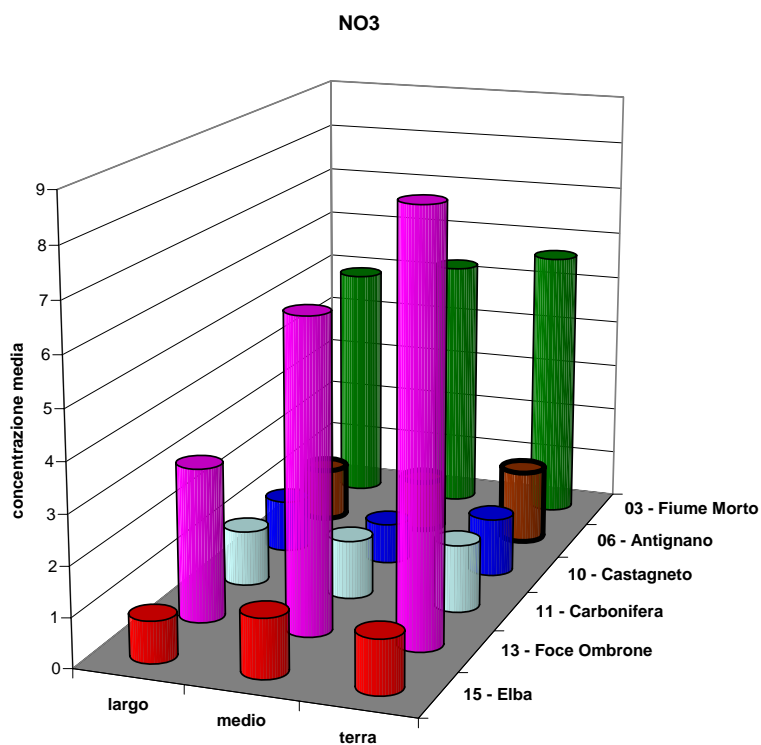


Grafico 9 - Andamento della concentrazione media di azoto nitrico (µM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



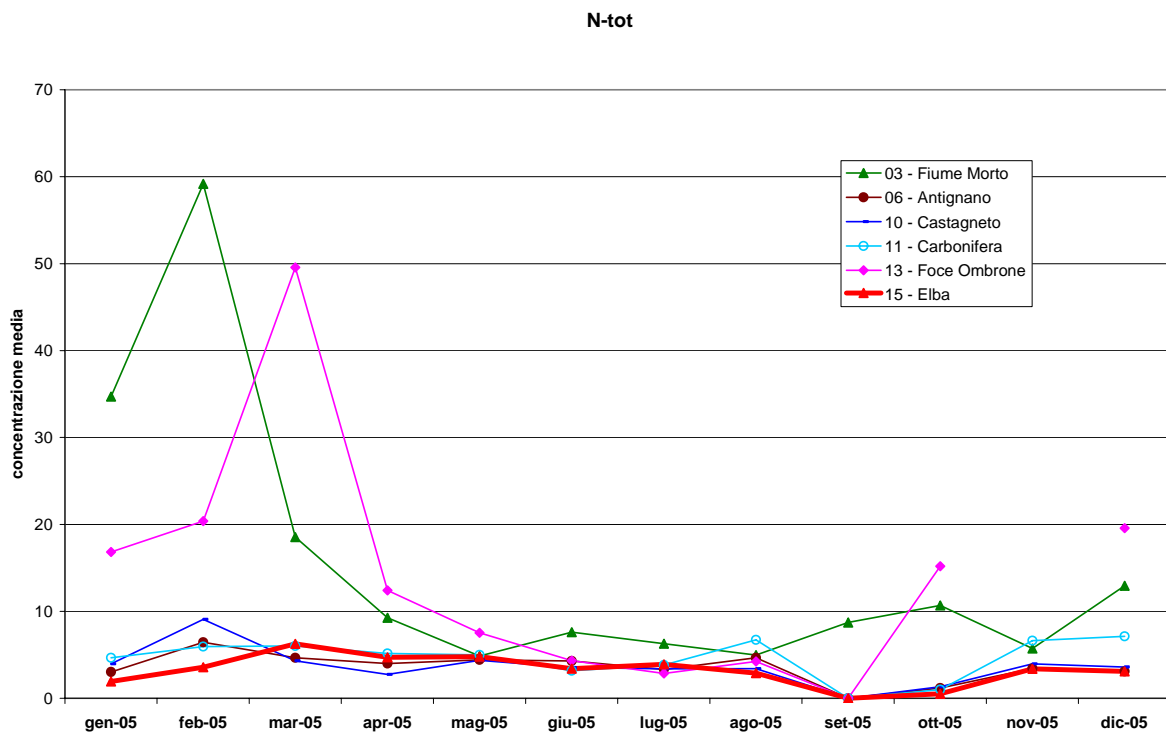


Grafico 10 - Andamento della concentrazione media di azoto totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

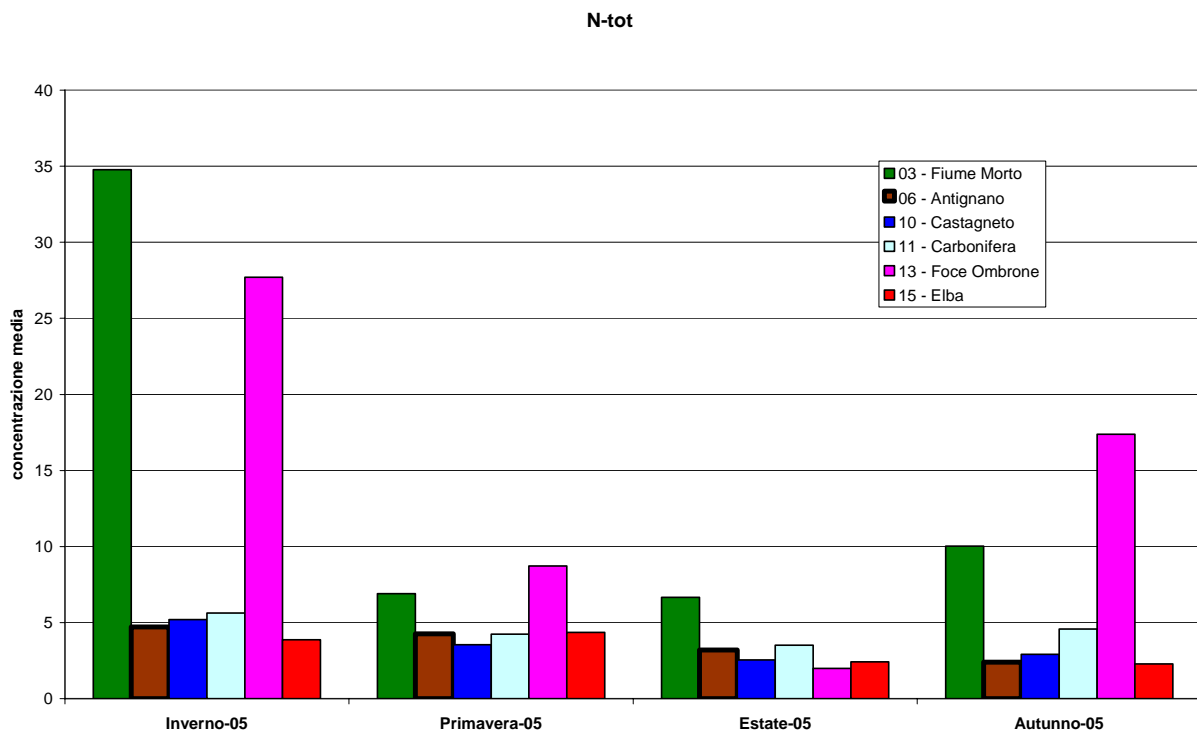


Grafico 11 - Andamento stagionale della concentrazione media di azoto totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



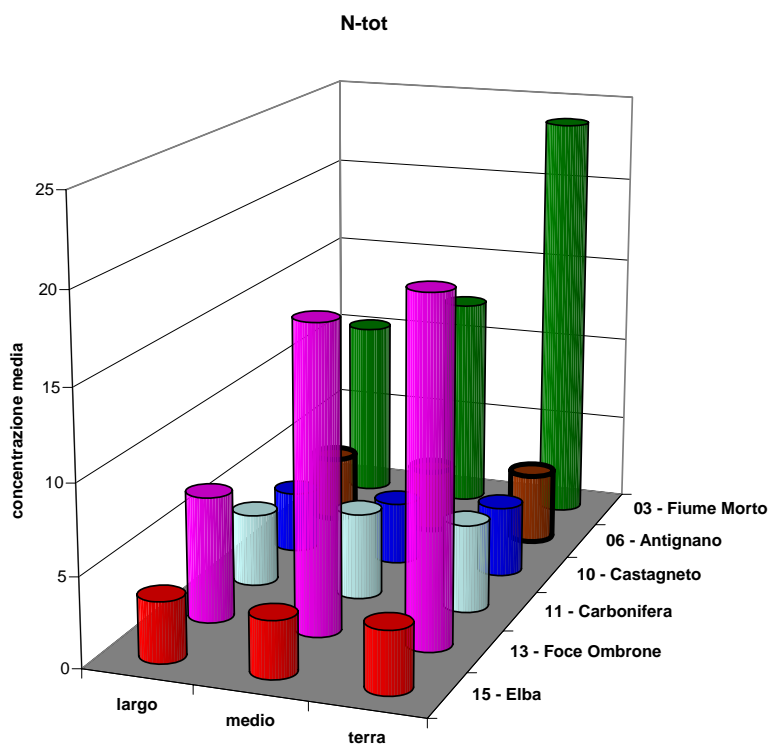


Grafico 12 - Andamento della concentrazione media di azoto totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

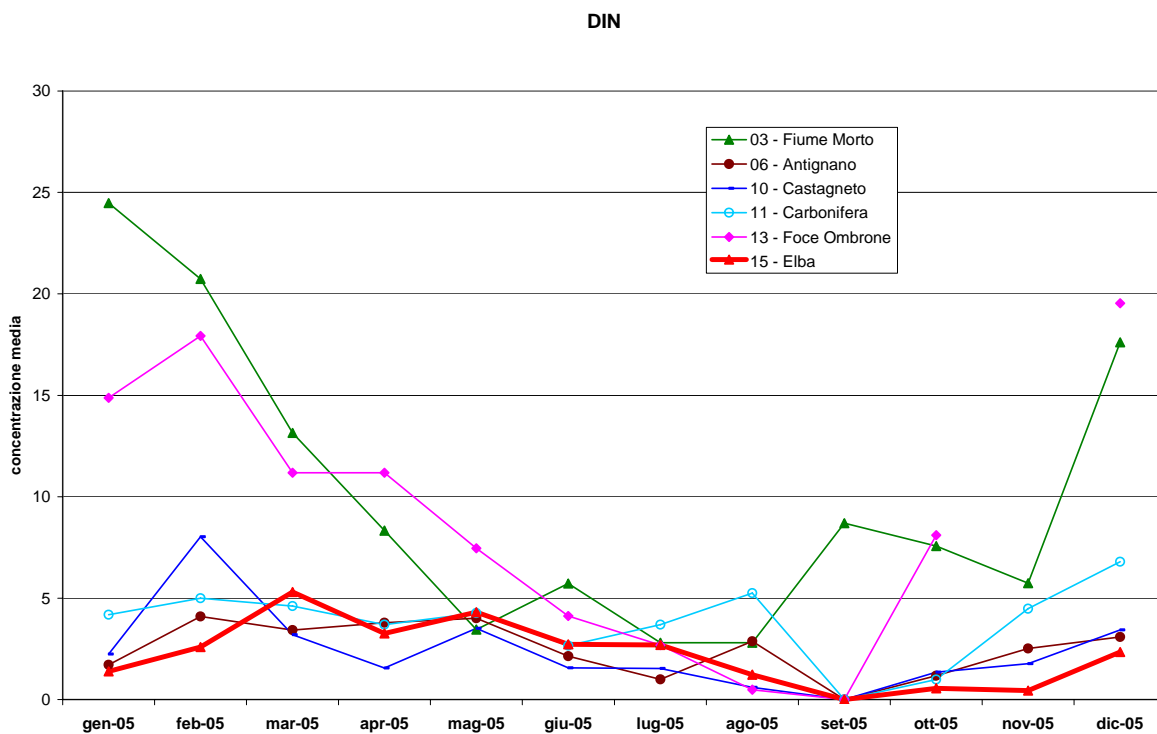


Grafico 13 - Andamento della concentrazione media di DIN (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



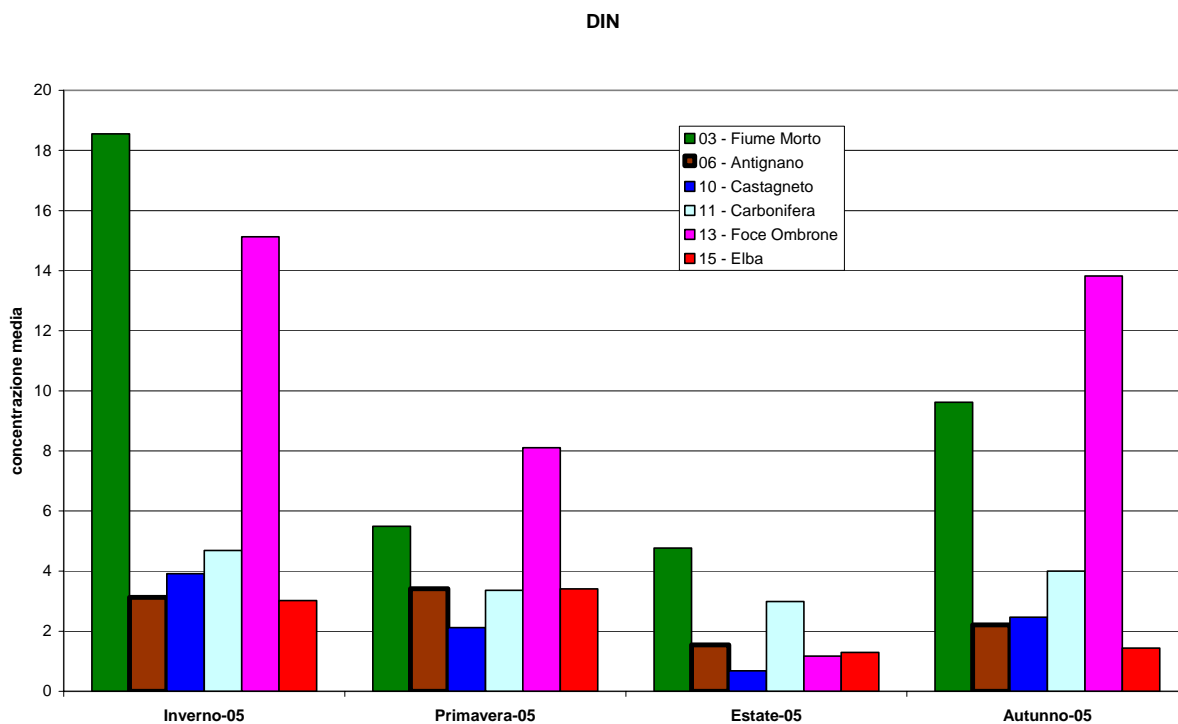


Grafico 14 -. Andamento stagionale della concentrazione media di DIN (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

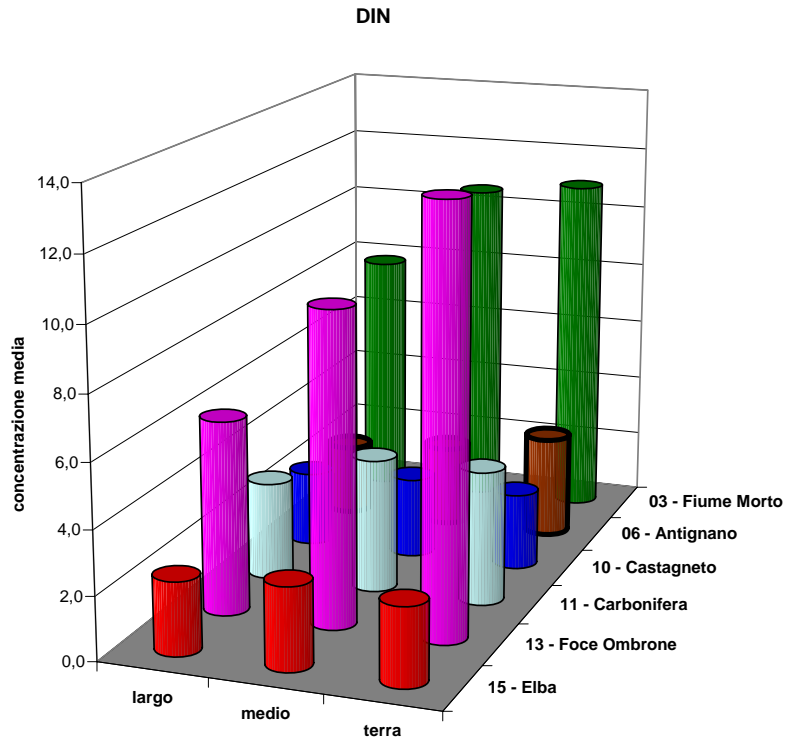


Grafico 15 -. Andamento della concentrazione media di DIN (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



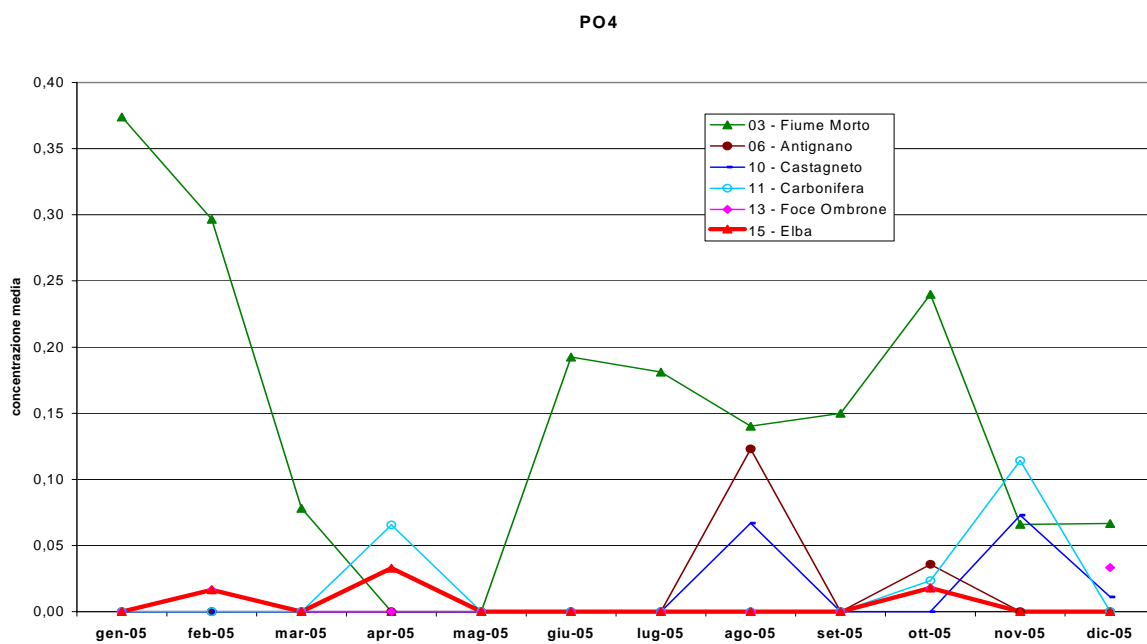


Grafico 16 - Andamento della concentrazione media di Ortofosfato (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

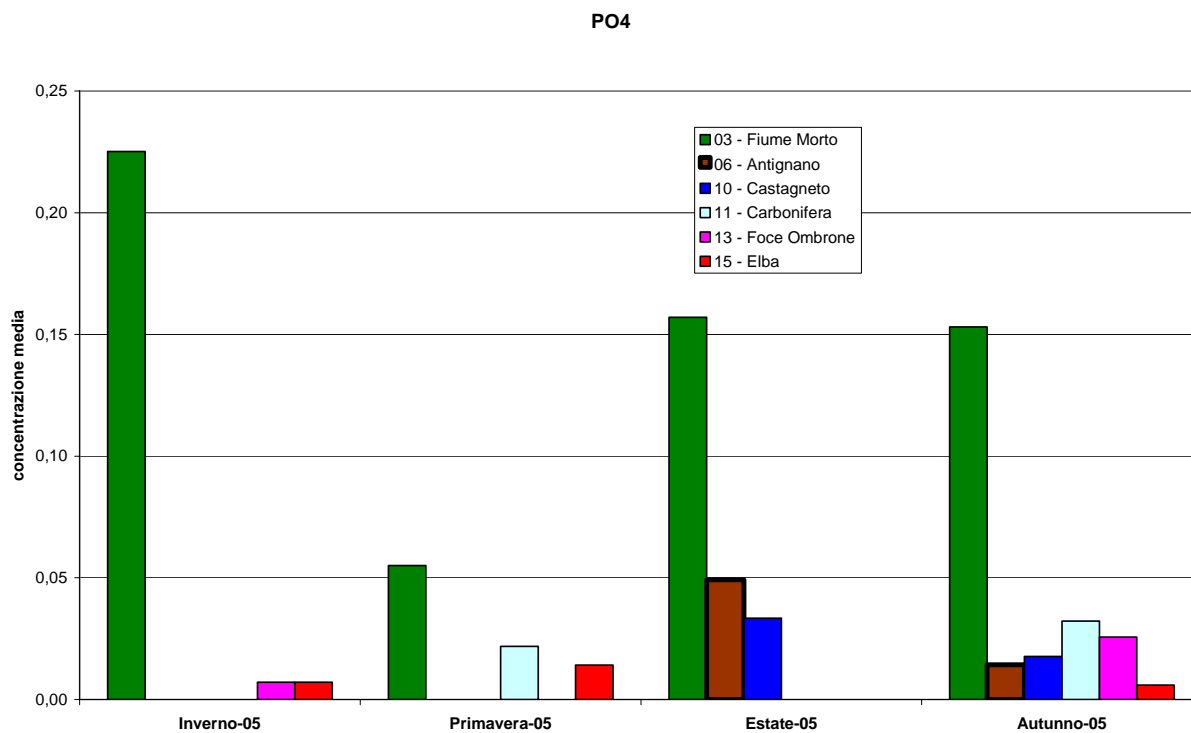


Grafico 17 - Andamento stagionale della concentrazione media di Ortofosfato (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



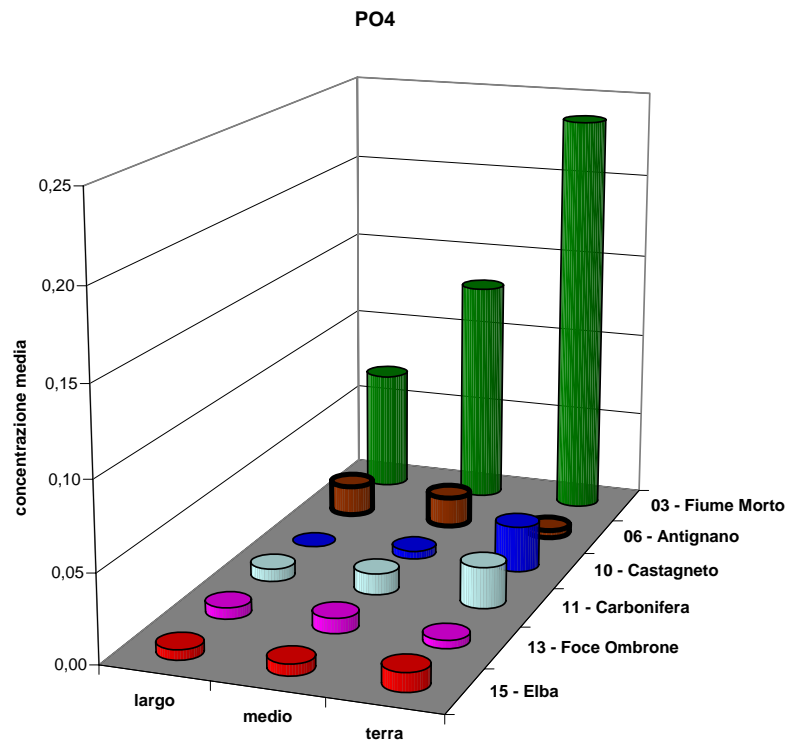


Grafico 18 - Andamento della concentrazione media di Ortofosfato (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

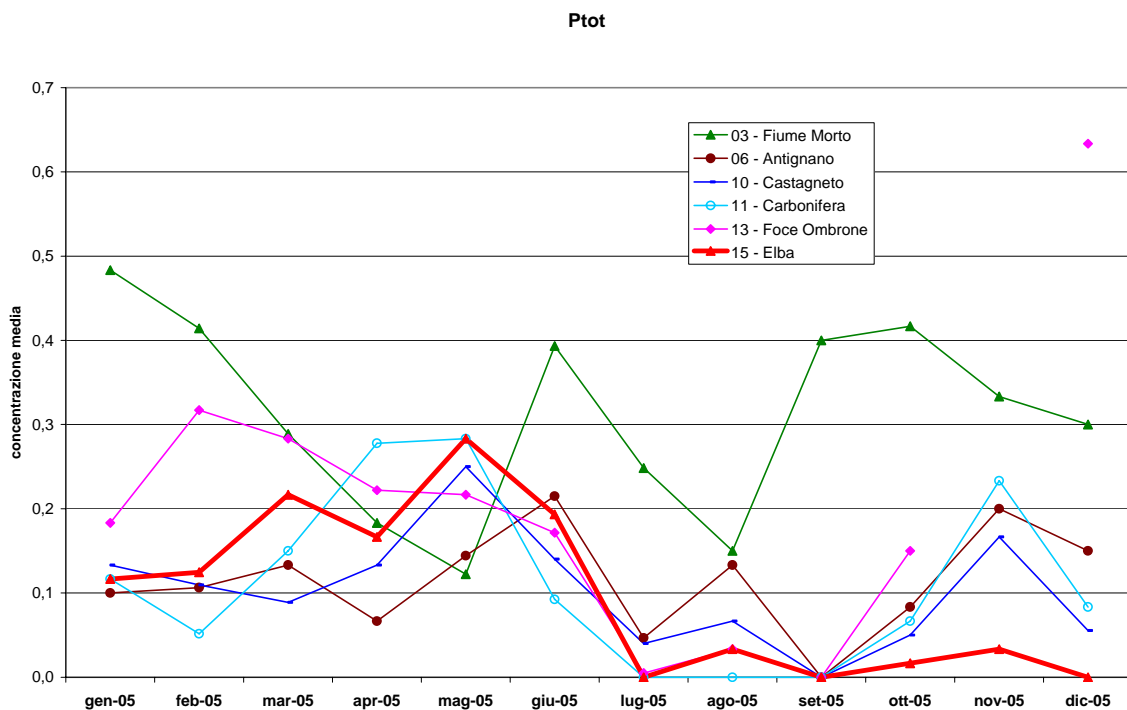


Grafico 19 - Andamento della concentrazione media di P totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



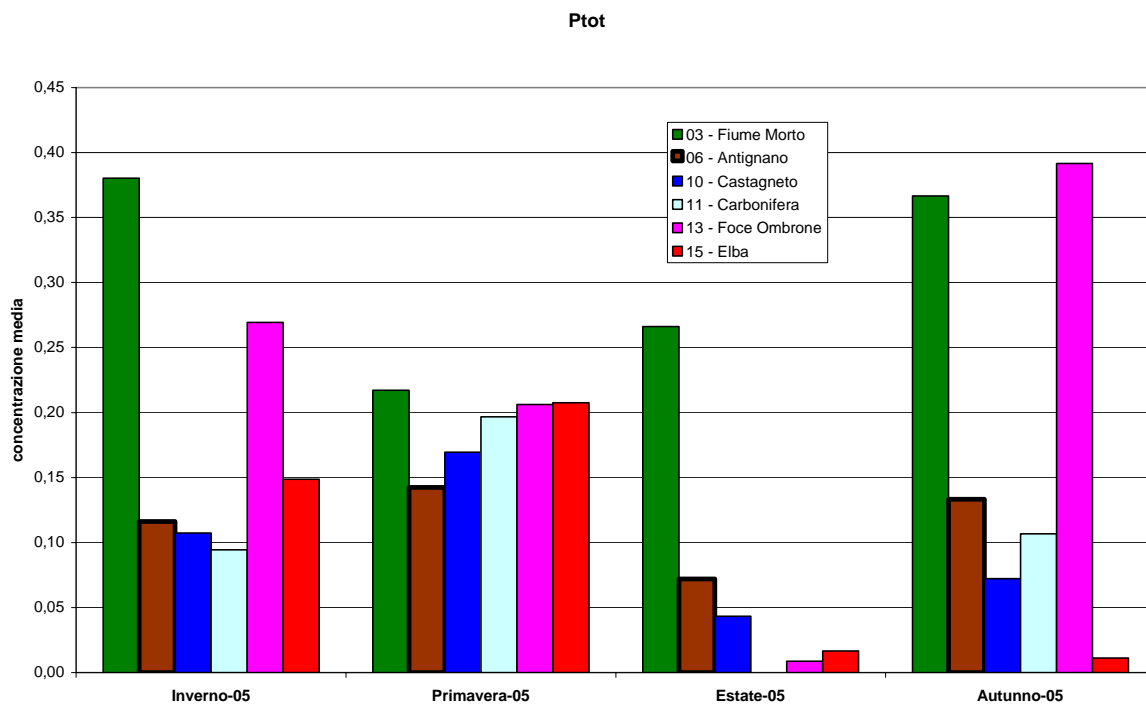


Grafico 20 - Andamento stagionale della concentrazione media di P totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

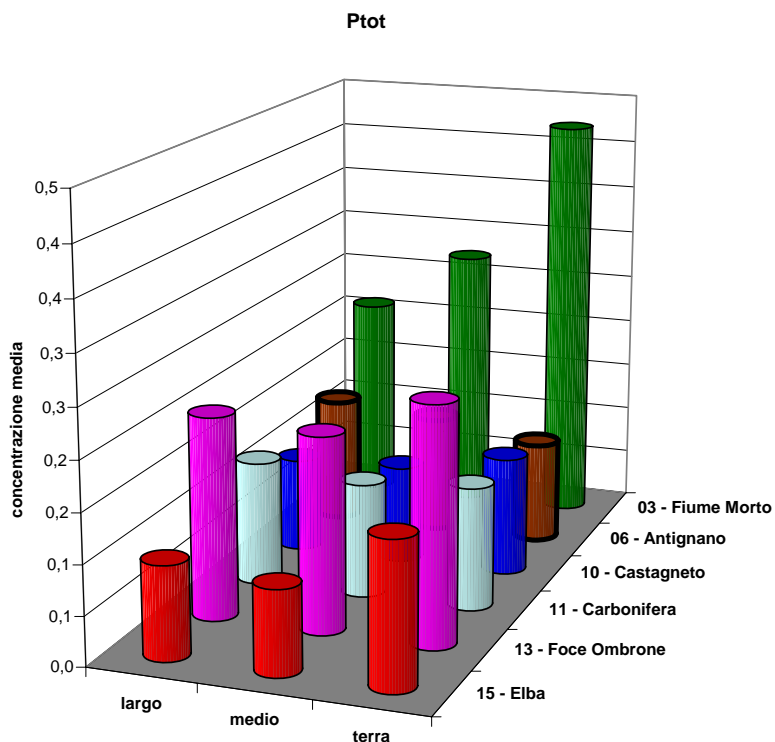


Grafico 21 - Andamento della concentrazione media di P totale (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.



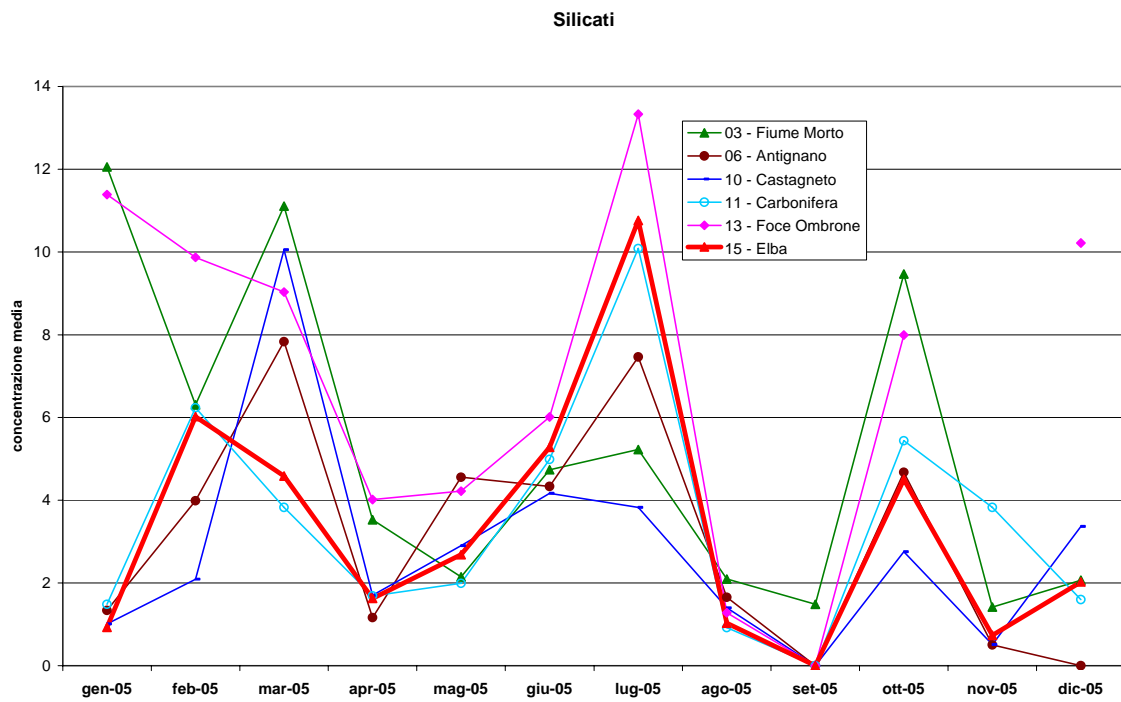


Grafico 22 - Andamento della concentrazione media di Silicati (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.

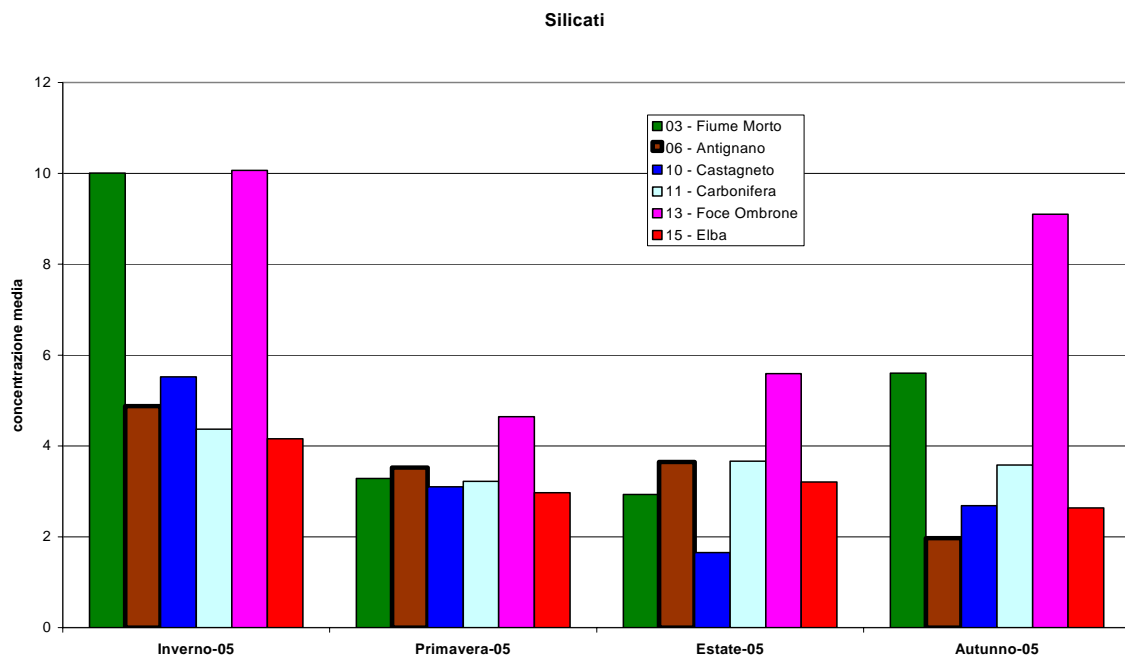


Grafico 23 - Andamento stagionale della concentrazione media di Silicati (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005.



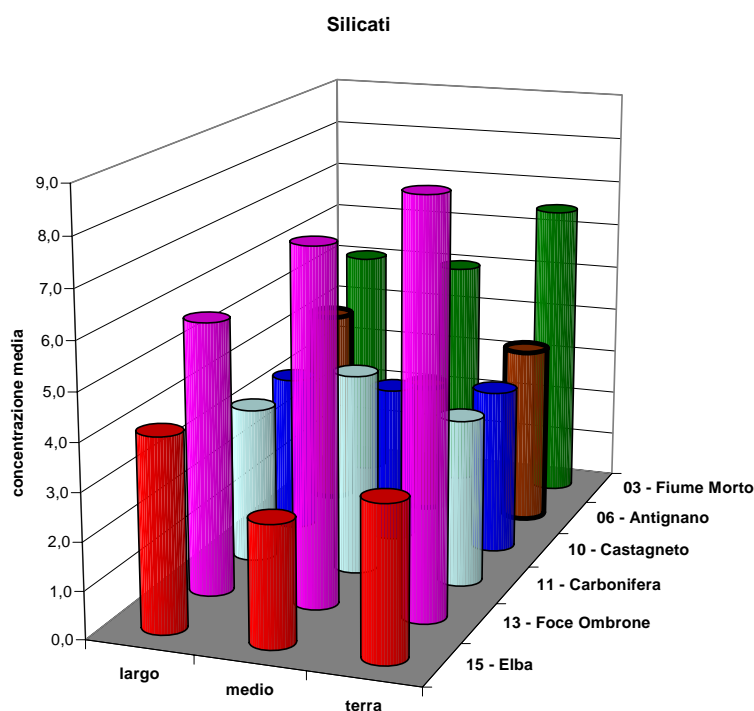


Grafico 24 -. Andamento della concentrazione media di Silicati (μM) nel periodo gennaio 2005 - dicembre 2005, nei transetti a terra, intermedi e del largo.

Conclusioni

Al termine dell'anno 2005 sono stati elaborati i dati delle concentrazioni di azoto ammoniacale, nitroso, nitrico, ortofosfato, azoto e fosforo totale, silicati. È stato esaminato il trend terra-largo, l'andamento temporale e la fluttuazione stagionale.

Il comportamento dei nutrienti azotati è assai simile tra loro naturalmente su livelli di concentrazione differenti. L'azoto ammoniacale è compreso tra 1.0 e 7.0 $\mu\text{mol/l}$. Non si hanno picchi significativi. Fatta eccezione per la stazione Elba nord che ha mostrato un picco a maggio. L'andamento in progressiva diminuzione terra- largo è osservabile solo là dove le concentrazioni sono relativamente più abbondanti ($> 4.0 \mu\text{mol/l}$).

Le concentrazioni di azoto nitroso procedono diminuendo da gennaio a agosto. Fiume Morto seguito da Foce Ombrone presenta i valori più alti e registra un picco in autunno. L'Elba rasenta i minimi di determinazione, fatta eccezione per il periodo gennaio-marzo. Non si osservano trend spaziali in nessuna stazione esaminata.

Il nitrato è il parametro più abbondante tra i solubili. Le stazioni di Fiume Morto e Foce Ombrone registrano un forte calo procedendo da valori intorno a 13-15 $\mu\text{mol/l}$ a gennaio verso valori inferiori a 4.0 $\mu\text{mol/l}$ da maggio in poi. Per le stazioni di Foce Ombrone e Fiume Morto i massimi stagionali si hanno in inverno (soprattutto) e autunno. Mentre per la stazione Foce Ombrone si osserva un trend spaziale procedendo da terra verso il largo, per la stazione Fiume Morto i valori si mantengono su livelli medi (4.0-6.0 $\mu\text{mol/l}$).

Nel periodo invernale quando le piogge abbondanti riversano a mare il carico dei due fiumi più importanti della Toscana si hanno picchi di oltre 50 $\mu\text{mol/l}$ nella stazione di Foce Ombrone



in marzo e Fiume Morto in febbraio. Le concentrazioni sono altrimenti abbastanza stabili sotto 10 $\mu\text{mol/l}$ per tali stazioni. Le altre stazioni indagate non presentano significativi innalzamenti sopra valori di 5 $\mu\text{mol/l}$. Anche in questo caso, dove i valori sono bassi ($< 5.0 \mu\text{mol/l}$) non c'è trend rispetto alla costa, dove sono più elevati ($> 5.0 \mu\text{mol/l}$) diminuiscono andando verso il largo.

Poiché ai fini della determinazione dell'indice trofico risulta importante conoscere il valore del DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) si è calcolato anche in questo caso la sua concentrazione media in $\mu\text{mol/l}$ verso tempo (gennaio 2005- dicembre 2005), l'andamento stagionale della concentrazione, e l'andamento della concentrazione lungo il transetto. Si sono osservati picchi intorno a 20 $\mu\text{mol/l}$ a Foce Ombrone e a Fiume Morto limitatamente ai primi mesi dell'anno (gennaio e febbraio). Per le altre stazioni i valori sono compresi nell'intervallo 2.0 - 5.0 $\mu\text{mol/l}$. I massimi stagionali si registrano in inverno e in autunno a Foce Ombrone e a Fiume Morto, altrove la stagionalità è trascurabile. Le concentrazioni diminuiscono andando verso il largo.

Il parametro ortofosfato come di consueto presenta valori inferiori ai limiti di determinazione del metodo (0.1 $\mu\text{mol/l}$). Fiume Morto rappresenta un'eccezione mostrando concentrazioni che raggiungono anche 0,3 $\mu\text{mol/l}$ in autunno. La stazione di Antignano mostra un andamento opposto a quello delle altre stazioni: solo in questo caso non c'è trend in diminuzione terra-largo.

Il Ptot segue quanto già affermato per l'ortofosfato; in più si osservano valori più elevati nel primo semestre (0.1-0.4 $\mu\text{mol/l}$) e minori nel secondo ($< 0.1-0.2 \mu\text{mol/l}$). I minimi stagionali si hanno in estate. In alcuni casi (es. Fiume Morto, Elba Nord) si ha un decremento delle concentrazioni spostandosi verso il largo, in altri casi (Carbonifera, Antignano) i valori sono pressochè costanti.

Infine per i silicati si osserva una sostanziale omogeneità di valori tra tutte le stazioni indagate. I massimi si hanno in corrispondenza di marzo, luglio e ottobre mesi in cui si raggiungono e si superano di poco 10 $\mu\text{mol/l}$. Le fluttuazioni nel tempo sono marcate. I picchi di minimo non superano 2.0 $\mu\text{mol/l}$. Stagionalmente i valori medi sono vicini a causa dello sfasamento con le tre fluttuazioni osservate. Picchi stagionali si osservano solo per Foce Ombrone e Fiume Morto. Il trend decrescente terra-largo non è osservabile. Appare infatti ci sia forte casualità, fatta eccezione per la stazione Foce Ombrone.

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

2005				2006	
01A	4 - 10 gennaio	07A	6 - 13 luglio	01A	3 - 10 gennaio
01B	17 - 24 gennaio	07B	21 - 28 luglio	01B	19 - 30 gennaio
02A	1 - 4 febbraio	08A	4 - 8 agosto	02A	7 - 14 febbraio
02B	11 - 25 febbraio	08B	16 - 18 agosto	02B	7 - 28 febbraio
03A	2 - 10 marzo	09A	5 - 13 settembre	03A	13 - 17 marzo
03B	17 - 21 marzo	09B	20 - 21 settembre	03B	22 marzo - 3 aprile
04A	1 - 5 aprile	10A	6 - 11 ottobre	04A	13 - 26 aprile
04B	26 aprile - 5 maggio	10B	24 - 25 ottobre		
05A	2 - 5 maggio	11A	2 - 3 novembre		
05B	16 - 24 maggio	11B	16 - 22 novembre		
06A	1 - 9 giugno	12A	9 - 14 dicembre		
06B	15 - 20 giugno	12B	21 - 22 dicembre		

3.2.1 Fitoplancton : anno 2005

Nel 2005 sono stati effettuati 142 campionamenti di fitoplancton lungo la costa toscana in luogo di 144 poiché nel mese di novembre non è stato possibile campionare la foce del fiume Ombrone. Il fiume Ombrone infatti è caratterizzato, a causa dell'alta erodibilità delle rocce, da una notevole portata di sedimenti in sospensione, la maggiore tra i fiumi toscani. Proprio la presenza di tali materiali durante il mese di novembre non ha consentito il prelievo.

L'andamento generale del fitoplancton indica una fisionomia stagionale dei popolamenti, rappresentata da picchi nel periodo primaverile, estivo e autunnale.

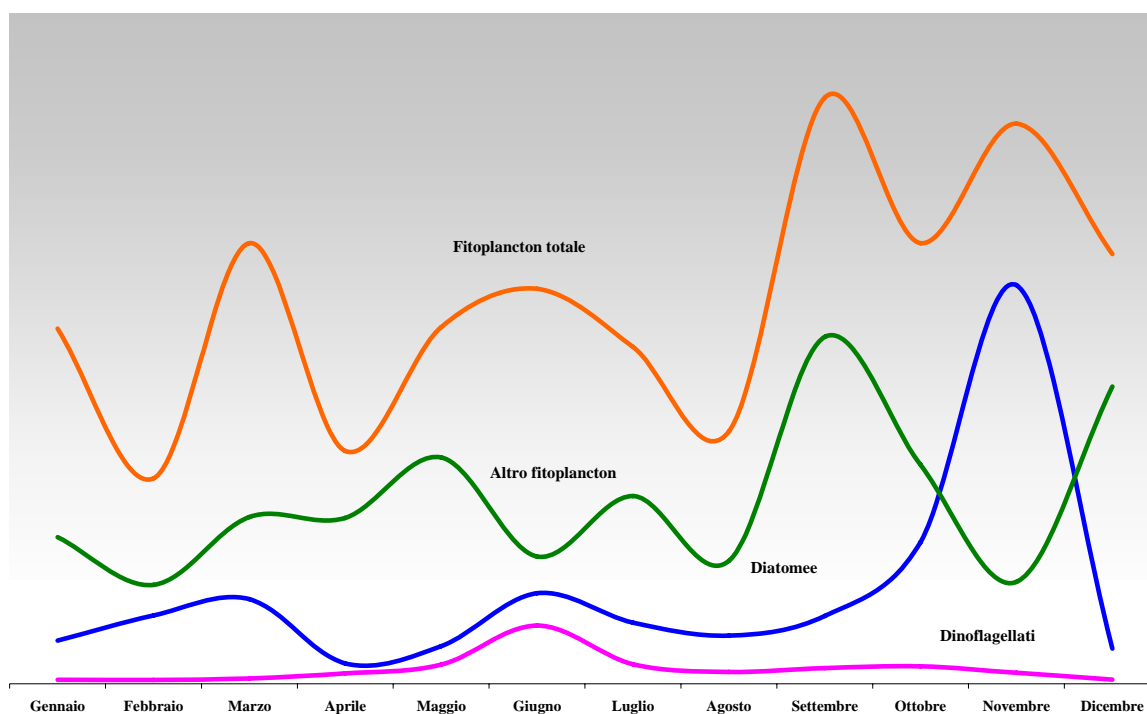


Grafico 25 - Andamenti mensili del fitoplanctonico della costa toscana anno 2005



In particolare:

- Primavera: a **marzo** in media si raggiungono i 60.000 individui per litro per l'aumento di diatomee e altri flagellati;
- Estate: a partire dalla tarda primavera fino all'inizio dell'estate si assiste ad un aumento di diatomee e dinoflagellati che culmina nel mese di **giugno**. Anche per questo anno il valori più alti di concentrazione delle Dinophyceae si hanno nel mese di giugno;
- Autunno: nel mese di **settembre** si assiste ad un aumento cospicuo della componente dell'altro fitoplancton seguito, nel mese di ottobre, da un decremento e un contemporaneo ampliamento del popolamento delle Bacillariophyceae, che raggiungono il loro massimo a **novembre** determinando il secondo picco più alto dell'anno.

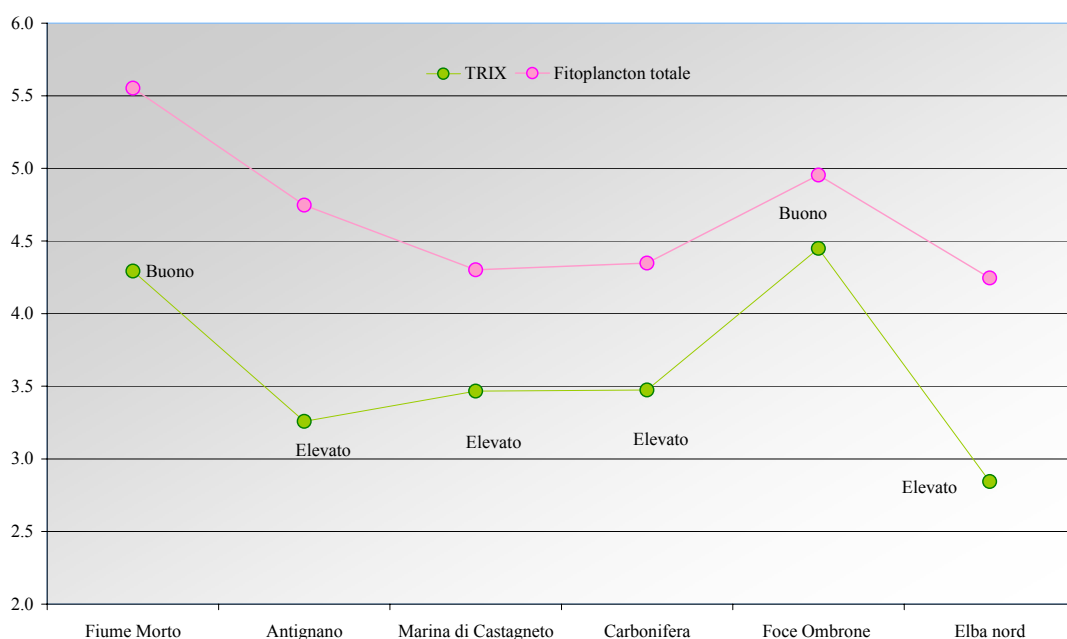


Grafico 26 - Stato trofico della costa toscana, concentrazione fitoplanctonica e correlazione: anno 2005.

I valori medi della densità fitoplanctonica per singola stazione indicano che in prossimità delle foci dei fiumi ci sono concentrazioni maggiori, mentre quantità minori sono rilevati presso la stazione di controllo situata all'Isola d'Elba. Questo dato è confermato dalla classificazione delle acque effettuata tramite l'indice trofico TRIX (Vollenweider, 1998, Giovanardi, 1999).

I dati forniti dall'indice trofico TRIX segnalano che le foci dei fiumi, nei primi due mesi dell'anno, hanno valori alti indicando, per almeno la stagione invernale, uno stato ambientale mediocre - scadente. I valori medi del TRIX, però, attribuiscono a Fiume Morto e alla foce dell'Ombrone un giudizio di **stato ambientale buono**. Le restanti stazioni monitorate hanno uno **stato ambientale elevato**.

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 intorno a 10^5 /L durante tutto l'anno (il valore più alto è di 4.072.589 cell/L – 1° campagna di dicembre). Questa stazione presenta un popolamento fitoplanctonico costituito pressoché in parti uguali da diatomee e altro fitoplancton (rispettivamente il 46 e 53%), mentre i dinoflagellati sono circa 1%.

Diatomee (93 taxa). Le specie più abbondanti per quanto riguarda le diatomee sono *Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex* (supera i 2.200.000 cell/L nella seconda campagna di marzo) e *Skeletonema menzelii* (con un valore medio nel mese di luglio intorno a 1.500.000 cell/L). *Leptocylindrus minimum* e *L. danicus*, sono presenti tutto l'anno con densità maggiori, rispettivamente, nel periodo estivo e autunnale. Il periodo estate - autunno è congeniale per il genere *Chaetoceros* ed in particolare la specie più abbondante risulta essere per questo anno *Chaetoceros socialis*, con 939.662 cell/L. Da notare inoltre, che *Skeletonema costatum*, presente praticamente durante tutto l'anno e in particolare nel periodo primavera -estate, è tipico della zona a nord della toscana: si trova infatti solo alla Foce del Fiume Morto ed ad Antignano.

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Thalassiosira rotula* (119.800 cell/L a nella seconda campagna di gennaio), *Rhizosolenia decipiens*, *Odontella aurita*, *Pseudo-nitzschia turgidula*, *Detonula pumila*, *Ditylum brightwellii*, *Lithodesmium sp.*, *Pseudo-nitzschia fraudolenta*.



Figura 4 - *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow in Van Heurck 1883

In generale le diatomee pennate sono abbondanti solo in due periodi dell'anno: marzo per la fioritura di *Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex* e agosto (seconda campagna del mese) per la presenza di *Thalassionema nitzschioides* (577.800 cell/L). Le centriche sono più abbondanti nella seconda parte dell'anno in primavera estate per la presenza di *Leptocylindrus minimum* e *L. danicus* e *Skeletonema sp.* e in autunno per il genere *Chaetoceros sp.* (figura 4).

Dinoflagellati. (57 taxa). I dinoflagellati più frequenti e abbondanti sono *Gymnodinium sp* (picco massimo a aprile con 20.200 cell/L), *Scrippsiella trochoidea*, *Alexandrium sp.* e *Protoperidinium sp.* (in particolare *P. steini*, *P. diabolium*, *P. granii*).

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Protoperidinium crassipes* (marzo), *Pseliodinium sp.*, *Takayama pulchella*, (ottobre) *Protoperidinium oceanicum*, *Protoperidinium pellucidum* (novembre).

Altro fitoplancton. (55 taxa). L'altro fitoplancton durante la seconda parte dell'anno, ovvero a partire da luglio, ha una densità che supera in più di un'occasione i 10^6 cell/L: i picchi più abbondanti si hanno a luglio, a settembre e a dicembre e in tutti e tre i casi l'incremento è dovuto essenzialmente alle Cryptophyceae. I cooccolitoforidei sono più abbondanti nel mese di febbraio in particolare sono rappresentati dalle specie *Syracoshaera pulchra* e *S. mediterranea*, mentre le Chlorophyceae hanno una concentrazione maggiore nei mesi di gennaio (*Dunaliella tertiolecta*, 538.105 cell/L) e in settembre. Nella seconda parte di luglio sono molto abbondanti anche le Cyanophyceae e, in particolare, le colonie di *Merismopedia sp.* (86.000 cell/L).

Taxa di "altro fitoplancton" trovati solo in questa stazione. *Dinobryon porrectum*, *Dunaliella tertiolecta*, *Meringosphaera radians* (gennaio); *Pseudoanabaena sp.* (febbraio); *Pyramimonas adriatica* (luglio); *Pediastrum sp.* (ottobre).

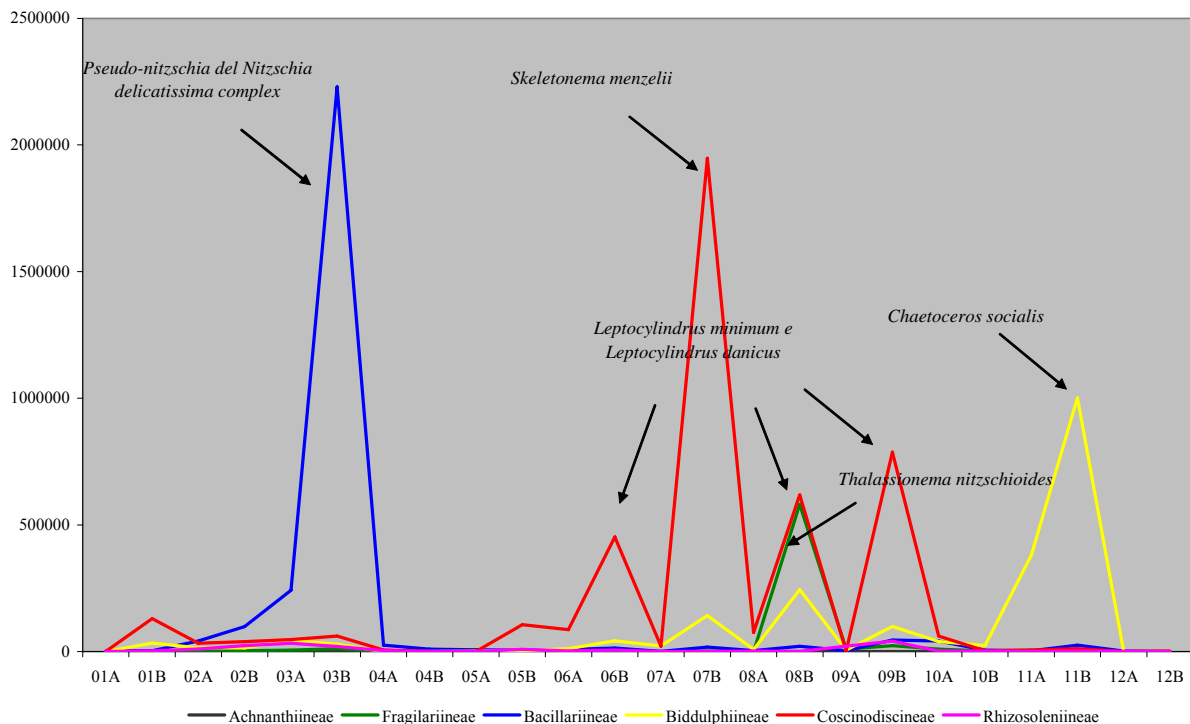


Grafico 27 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Fiume Morto

B. Antignano

La stazione AT01, Antignano (a sud di Livorno), presenta un popolamento fitoplanctonico costituito pressoché in parti uguali da diatomee e altro fitoplancton (rispettivamente il 48 e 50%), mentre i dinoflagellati sono circa 2%.

Diatomee. (85 taxa). La specie più abbondante è *Skeletonema menzelii* presente solo da giugno ad agosto (1.674.107 cell/L a luglio). *Leptocylindrus minimum* e *L. danicus*, sono



presenti tutto l'anno con densità maggiori nel periodo estate –autunno; il genere *Chaetoceros sp.* è il più rappresentato in primavera-estate ed in particolar modo la specie con più individui è *Chaetoceros tortissimus* (37.400 cell/L, campagna 06B); in questo stesso periodo risulta essere sempre presente anche la specie *Cerataulina pelagica*. *Skeletonema costatum* come già detto, è tipico della zona più a nord; ed è stato rinvenunuto ad Antignano nel periodo primavera estate. In generale le diatomee centriche sono abbondanti durante tutto l'anno tranne che nei mesi invernali ed in particolare i picchi di Coscinodiscineae che si evidenziano a giugno e a luglio sono dovuti alla presenza di *Skeletonema menzelii*; durante il periodo estate – autunno prevalgono le Biddulphineae in particolar modo i generi *Chaetoceros* e *Cerataulina*, mentre le Rhizosolenineae sono abbondanti solo nel periodo estivo rappresentate soprattutto da *Guinardia striata* e *Proboscia alata*. Le diatomee pennate sono rappresentate soprattutto dalle Bacillariineae in particolare da *Cylindrotheca closterium* che nel mese di settembre è presente con 26.200 cell/L, mentre le Fragilariineae sono abbondanti solo in agosto con la specie *Asterionellopsis glacialis* (4.600 cell/L).

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Rhabdonema adriaticum* (figura 5), *Haslea trompii* (gennaio) *Striatella sp.* (marzo), *Podocystis perrinensis* e *Toxarium undulatum* (maggio).

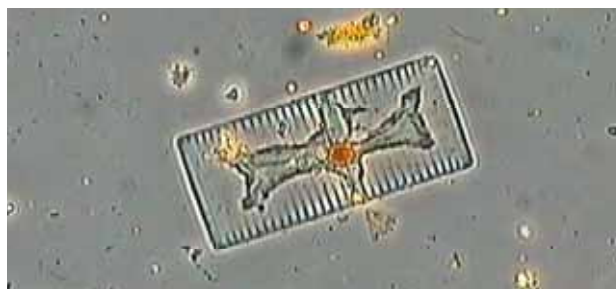


Figura 5 - *Striatella unipunctata* (Lyngbye) Agardh, 1832

Dinoflagellati. (49 taxa). La concentrazione più alta di dinoflagellati si registra nel mese di giugno con il valore massimo di 37.000 cell/L, nel restante periodo dell'anno i valori sono molto più bassi : da 80 cell/L a gennaio a 7.700 cell/L ad agosto. I taxa che concorrono all'aumento di questa componente fitoplanctonica sono *Gymnodinium spp.*, *Alexandrium spp.*, *Heterocapsa nieii*, *Prorocentrum micans* e *Prorocentrum minimum*.

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Achradina pulchra* (febbraio) e *Protoperidinium pentagonum* (giugno).

Altro fitoplancton. (52 taxa). L'altro fitoplancton è caratterizzato soprattutto da Cryptophyceae che in inverno determinano il picco massimo di "altro fitoplancton" arrivando a poco meno di 1.500.000 cell/L; un secondo picco di Cryptophyceae si ha estate. Le Cyanophyceae sono presenti soprattutto in febbraio, mentre le Prasinophyceae in modo particolare *Tetraselmis sp.* aumentano progressivamente da marzo a luglio fino a 12.000 cell/L. I coccolitoforidi sono abbondanti soprattutto nel periodo estivo.

Taxa di "altro fitoplancton" trovati solo in questa stazione. *Chrysochromulina hirta* (gennaio); *Apedinella spinifera* (maggio); Raphidophyceae indet.(giugno)



C. Marina di Castagneto

La stazione CS05, Marina di Castagneto, ha come componente principale l'altro fitoplancton (83%); seguito da 14% di diatomee e il 3% di dinoflagellati.

Diatomee. (84 taxa). Il genere più rappresentato è *Chaetoceros*: il picco di diatomee più alto registrato nel 2005, infatti, si ha in autunno ed è dovuto alla presenza di *Chaetoceros socialis* (21.520 cell/L). Gli altri picchi di rilievo sono dovuti sempre allo stesso genere ed in particolare alle specie *C. curvisetus* e *C. anastomosans*, in inverno, e a *C. tortissimus* in estate. *Leptocylindrus minimum* e *L. danicus* (14.960 cell/L in novembre) sono presenti durante tutto l'anno in particolare in primavera e in autunno.

In generale la stazione è caratterizzata dal fatto che si individuano 3 picchi di diatomee dovute a Biddulphiales (*Chaetoceros*) in inverno, in tarda primavera ed in autunno. Nel periodo autunnale si notano anche aumenti degli altri raggruppamenti come le Coscinodiscineae (*Leptocylindrus*), Bacillarineae (*Cylindrotheca closterium*). Le Rhizosoleninae presenti sono soprattutto *Dactyliosolen fragilissimus* (maggio 3000 cell/L), *Guinardia striata* (3600 cell/L a settembre) mentre le specie *Guinardia flaccida*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Rhizosolenia imbricata* sono presenti nel periodo autunnale. Le Fragilariinae sono rappresentate da *Thalassionema nitzschiodes*, in primavera, e *Lioloma pacificum*, in autunno.

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Chaetoceros eibenii* (gennaio), *Podocystis spathulata* (febbraio), *Cymbella* sp.(gennaio), *Nitzschia distans* (maggio e dicembre), *Chaetoceros concavicornis* (novembre), *Bacillaria paxillifera* (novembre – dicembre).



Figura 6 - *Bacillaria paxillifera* (Muller) Hendley 1951

Dinoflagellati. (60 taxa). La concentrazione più alta è 7.400 cell /L e si ha nel mese di giugno per la presenza di *Gymnodinium* spp. e *Scrippsiella trochoidea*; A gennaio quasi la totalità degli individui esaminati sono forme di incistamento.

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. Molte sono le specie tipiche di questa zona: *Gonyaulax scrippsae* (marzo e maggio); *Amphidinium flagellans* e *Protoperidinium divergens* (maggio); *Ceratium lineatum* (giugno); *Ceratium horridum* (settembre); *Podolampas bipes* (ottobre); *Ceratium inflatum* e *Gyrodinium nasutum* (dicembre).

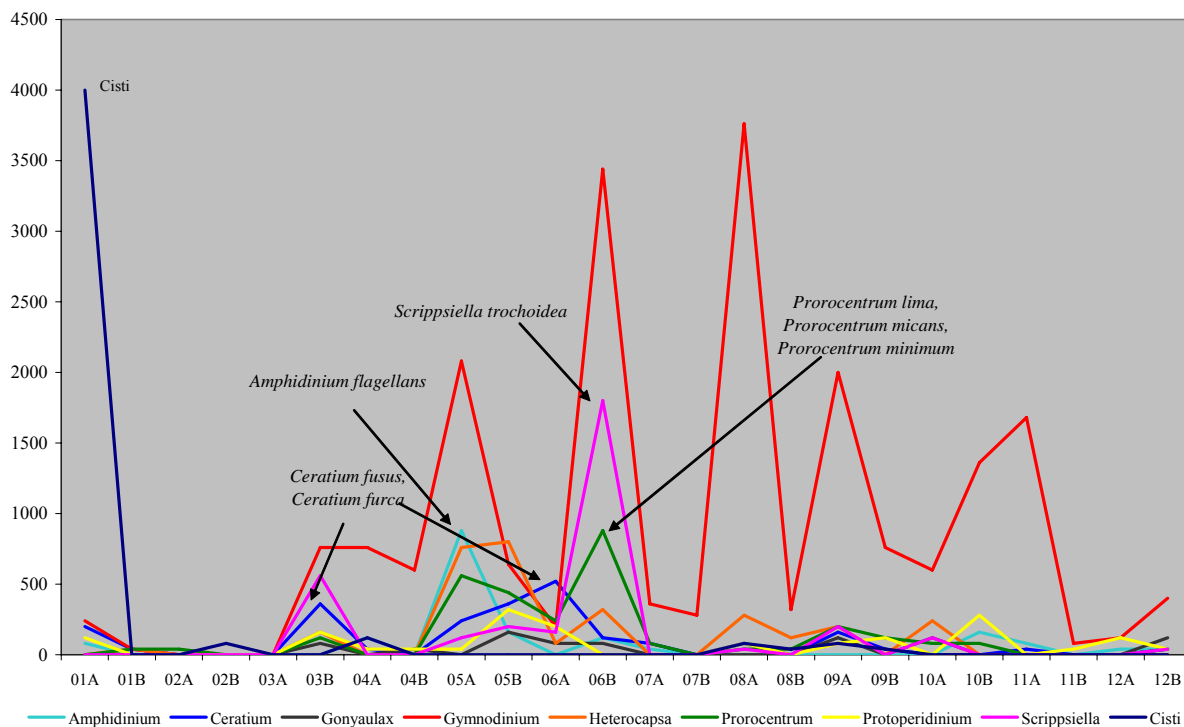


Grafico 28 - Andamenti dei dinoflagellati nella stazione di Marina di Castagneto.

Altro fitoplancton. (38 taxa). La densità maggiore di “altro fitoplancton” è in primavera, nel mese di maggio (915.019 cell/L). Molte sono le classi che determinano questo aumento: Cryptophyceae (880.899 cell/L), Chlorophyceae (16.400 cell/L), Prasinophyceae (Tetraselmis sp.), Coccolitoforidi, e Chrysophyceae (*Meringosphaera tenerrima*)

I Coccolitoforidi sono presenti durante tutto l’anno con valori medi mensili intorno alle 2000 cell/L, mentre le colonie di Cyanophyceae sono abbondanti solo in febbraio- marzo.

Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Calciosolenia sp.* (maggio)

D. Carbonifera

La stazione CR05, localizzata nel Golfo di Follonica, presenta una composizione fitoplanctonica particolare in quanto è l’unica delle 6 stazioni monitorate ad avere una percentuale dei dinoflagellati intorno al 6%, la più alta, del 52% di diatomee e del 42% dell’altro fitoplancton.

Diatomee. (76 taxa). L’andamento di questa componente fitoplanctonica indica una bassa produzione durante tutto l’anno con valori al di sotto di 8.000 cell/L; le uniche eccezioni si sono verificate in inverno e in autunno periodi durante i quali la densità delle diatomee è aumentata fino a valori intorno a 25.000 cell/L (gennaio e novembre) e eccezionalmente ha superato le 800.000 cell/L nel mese di ottobre. In entrambi i periodi il genere che ha determinato questo aumento è *Chaetoceros*: in inverno con varie specie in particolare *C. tortissimus*, *C. holsaticus*, *C. compressus*, *C. curvisetus*, *C. decipiens*, mentre in autunno essenzialmente con una sola specie il *C. socialis*. Nel periodo autunnale si ha un incremento anche delle Bacillariinae (*Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex*) delle Fragilariinae (*Asterionellopsis glacialis* e *Lioloma pacificum*) e delle Coscinodiscineae (*Leptocylindrus danicus*).



Dinoflagellati. (62 taxa). In questa stazione i dinoflagellati raggiungono la massima densità nel mese di giugno (76.445 cell/L) dovuta ad un aumento improvviso del genere *Heterocapsa*. Per il restante anno prevale nettamente il genere *Gymnodinium spp.* soprattutto in primavera e in autunno, stagione quest'ultima, durante la quale raggiunge la massima concentrazione (3.440 cell/L).

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Oxytoxum longiceps* (maggio); *Oxytoxum constrictum* (settembre); *Gonyaulax monocantha* (ottobre); *Ceratium tripos* (novembre).

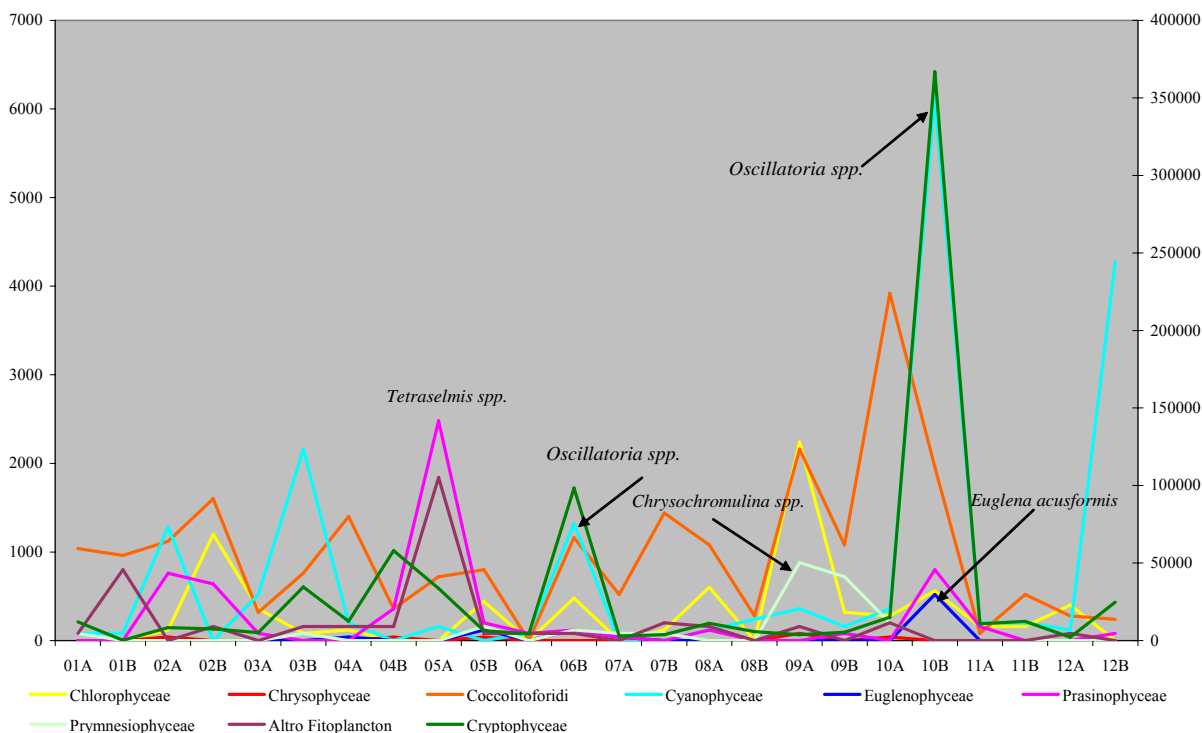


Grafico 29 - Andamenti dell' "altro fitoplancton" nella stazione di Carbonifera: la scala di riferimento delle Cryptophyceae quella di destra

Altro fitoplancton. (38 taxa). La maggiore densità di "altro fitoplancton" è stata evidenziata durante i mesi autunnali in particolar modo in ottobre (1.268.027 cell/L) per l'abbondante quantità delle Cryptophyceae, il raggruppamento più rappresentativo in questa stazione (figura 8). Molto abbondanti sono anche le colonie di Cyanophyceae e in particolare, nei mesi di giugno e ottobre, di *Oscillatoria spp.*; i coccolitoforidi sono presenti durante tutto l'anno; le Chlorophyceae e le Prymnesiophyceae, soprattutto con *Chrysochromulina sp.*, lo sono in settembre, mentre le Euglenophyceae, con *Euglena acusformis*, in ottobre. La stazione è anche caratterizzata dalla presenza di molti organismi fitoplanctonici inferiori a 10µm, frequenti principalmente a maggio. In febbraio, maggio e ottobre si evidenzia anche la presenza di Prasinophyceae (*Tetraselmis spp.* e *Pyramimonas spp.*)

Taxa di "altro fitoplancton" trovati solo in questa stazione. *Brachiomonas sp.* (marzo).



E. Foce Ombrone

La stazione FO05, situata di fronte alla foce del Fiume Ombrone, ha una percentuale di altro fitoplancton maggiore del 90% mentre le diatomee sono circa il 6% dell'intero popolamento.

Diatomee. (77 taxa). Il picco massimo di densità si ha nel periodo primaverile con 161.500 cell/l essenzialmente dovuto alla presenza di *Leptocylindrus minimus*; altri gruppi abbondanti sono *Cylindrotheca closterium* (febbraio, 10400 cell/L) e *Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex* (maggio, valori maggiori di 25.000cell/L).

Taxa di diatomee trovati solo in questa stazione. *Chaetoceros laevis* (gennaio); *Dactyliosolen cylindrus*, *Rhizosolenia hebetata*, *Surirella sp.* (marzo); *Thalassionema bacillare* (maggio); *Cyclotella sp.* e *Chaetoceros debilis* (ottobre).

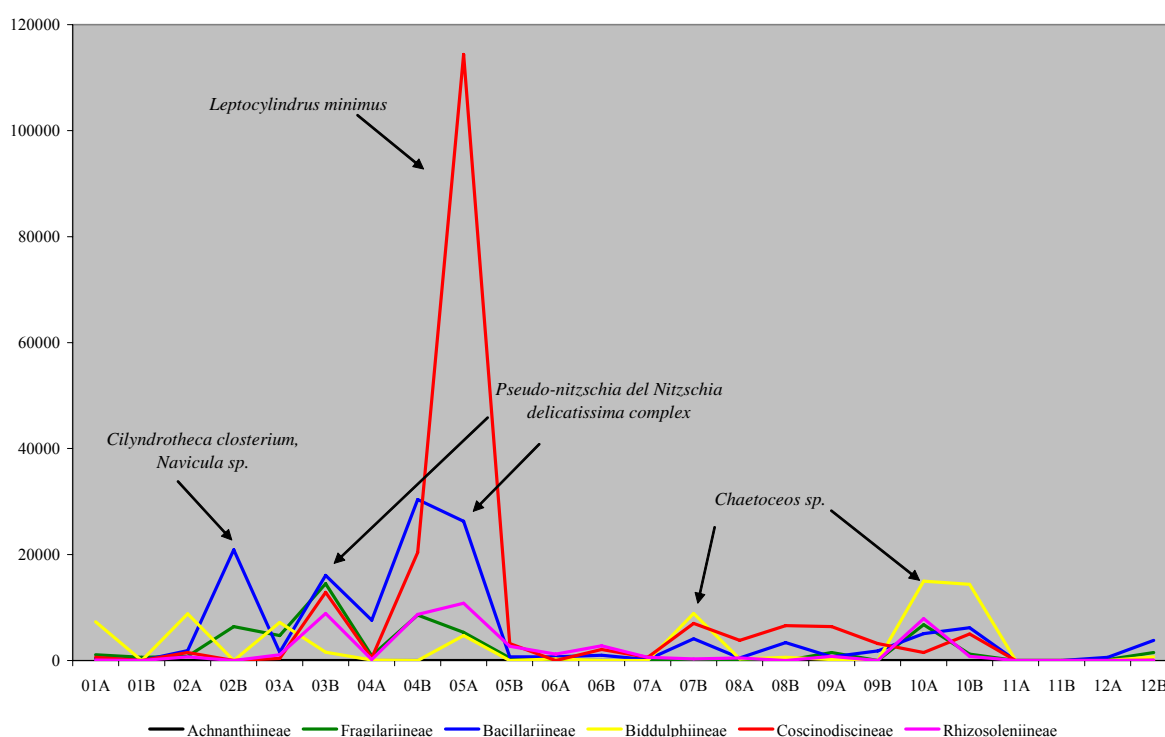


Figura 7 - Andamenti delle diatomee nella stazione di Foce Ombrone.

Dinoflagellati. (46 taxa). I dinoflagellati hanno le concentrazioni più alte a maggio e a luglio (intorno a 15.000 cell/L) e sono rappresentati da *Gymnodinium spp.* e *Scrippsiella trochoidea*, *Prorocentrum micans* e *Ceratium furca*.

Altro fitoplancton. (37 taxa). L'“altro fitoplancton” supera i valori di 10^6 nel mese di settembre: (3.473.195 cell/L, I campagna di settembre): si tratta in entrambi i casi di piccoli flagellati, Cryptophyceae (nella I campagna di settembre, rispettivamente 1.913.266 1.395.090 cell/L) e Chlorophyceae. I coccolitoforidi sono abbondanti soprattutto nel mese di maggio (12.000 cell/L), mentre i le colonie di Cyanophyceae lo sono principalmente ad ottobre (9.000 cell/L).

Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione. *Clorella sp.* (luglio)



F. Elba Nord

Il fitoplancton della stazione EB01, localizzata a largo di Portoferraio, Isola d'Elba, è costituito soprattutto da “altro fitoplancton” circa l'85%, seguito dalle diatomee 12% e infine dai dinoflagellati 3%.

Diatomee. (84 *taxa*). Come Carbonifera, anche questa stazione ha valori molto bassi di densità delle diatomee e solo in poche occasioni supera i 10^4 cell/L: a gennaio, a giugno e in autunno. In tutti i tre i casi il genere che determina alti valori di concentrazione è *Chaetoceros* e in particolare in giugno *C. tortissimus* e in autunno *C. socialis* (novembre 35.000 cell/L).

Dinoflagellati. (66 *taxa*). Sono abbondanti nel periodo estivo (5040 cell/L II campagna di giugno) e il *taxum* più rappresentato è *Gymnodinium spp.*

Taxa di dinoflagellati trovati solo in questa stazione. *Ceratium pulchellum*, *Oxitoxum globosum* (giugno); *Spatulodinium pseudonoctiluca* (luglio); *Dinophysis parva*, *Ornithocercus magnificus* (figura 10a), *Warnowia sp.* (novembre); *Micracanthodinium sp.* *Oxytoxum longum* (dicembre).

Altro fitoplancton. (41 *taxa*). La concentrazione più alta è nel mese di marzo (766.626 cell/L) a causa di un picco di Cryptophyceae (il raggruppamento più abbondante durante tutto l'anno) e di Chloropyceae. Durante il resto dell'anno prevalgono, oltre alle già citate Cryptophyceae, i coccolitoforidi (densità massima a giugno con 5.320 cell/L) presenti, oltre che con organismi dalle piccole dimensioni piccoli da essere riconoscibili con gli strumenti a nostra disposizione, con vari generi e specie come *Acanthoica sp.* e *Acanthoica quattropsina*, *Ophiaster sp.* e *Ophiaster hydroideus*, *Rhabdosphaera sp.*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Syracosphaera sp.*, *S. pulchra*, *S. mediterranea*.

Da segnalare, in accordo a quanto già detto nelle precedenti relazioni, la presenza di alghe di acqua dolce, come *Crucigenia sp.*, in agosto. Come nelle altre stazioni, anche in questo caso durante i mesi invernali c'è un aumento di colonie di Cyanophyceae.

Taxa di “altro fitoplancton” trovati solo in questa stazione: *Oltmannsiella lineata* (maggio); *Scyphosphaera apsteinii* (dicembre; figura 10b); *Tetraselmis gracilis* (gennaio).

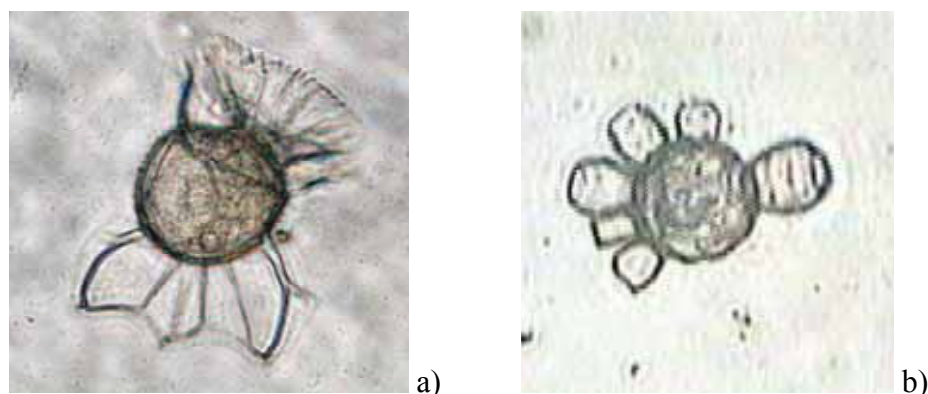


Figura 8 – a) *Ornithocercus magnificus* Stein, 1883; b) *Scyphosphaera apsteinii* Lohmann, 1902

3.2.2 Fitoplancton: anno 2006

Per l'anno 2006 sono state effettuate solo 5 campagne: come si può vedere dal grafico, in corrispondenza del mese di marzo c'è un aumento del fitoplancton totale a seguito di un incremento delle Bacillariophyceae e dell' "altro fitoplancton".

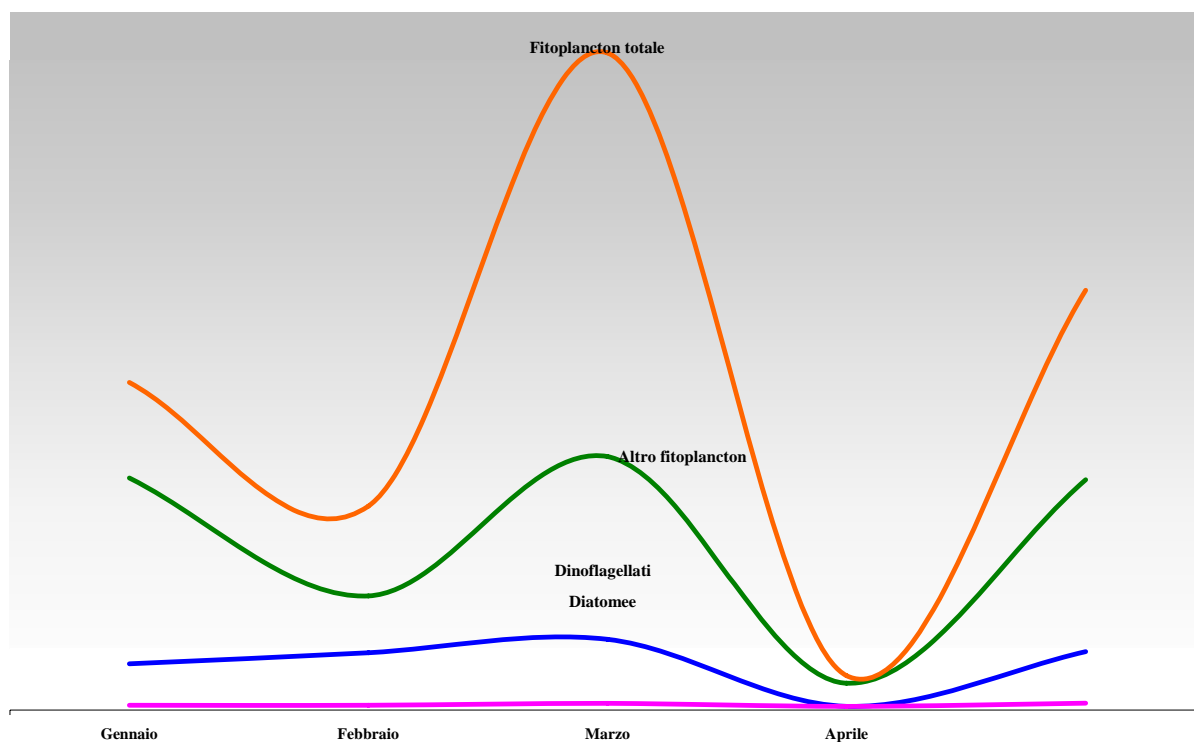


Grafico 30 – Andamenti mensili del fitoplanctonico della costa toscana anno 2006

Fiume Morto supera la concentrazione di 10^6 cell/L all'inizio di gennaio e di febbraio e nel mese di marzo: a gennaio per la presenza di Cryptophyceae (1.275.510 cell/L); a febbraio per la presenza di *Chaetoceros curvisetus* (1.311.729 cell/L) e infine nel mese di marzo a causa di una fioritura di *Guinardia delicatula* (1.315.565 cell/L).

In tutte le altre stazioni prevale la componente dell'altro fitoplancton in particolare modo le Cryptophyceae (figura 12).

Tabella 11 - Composizione del fitoplanctonico della costa toscana anno 2006

2006	% Diatomee	% Dinoflagellati	% "Altro fitoplancton"
Fiume Morto	78	0	22
Antignano	4	1	95
Marina di Castagneto	15	2	83
Carbonifera	16	3	80
Foce Ombrone	39	4	57
Elba nord	15	2	84



Tabella 12 - taxa di fitoplancton rinvenuti lungo la costa toscana nel periodo 2005 – 2006

Bacillariophyceae	Dinophyceae	“Altro fitoplancton”
<i>Achnanthes sp.</i>	<i>Achradina pulchra</i>	<i>Acanthoica quattrosperma</i>
<i>Amphiprora sp.</i>	<i>Achradina sp.</i>	<i>Acanthoica sp.</i>
<i>Amphora sp.</i>	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Altro Fitoplancton indet.
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Alexandrium sp.</i>	<i>Anabaena sp.</i>
<i>Bacillaria paxillifera</i>	<i>Amphidinium acutissimum</i>	<i>Ankistrodesmus sp.</i>
Bacillariales indet.	<i>Amphidinium acutum</i>	<i>Apedinella spinifera</i>
Bacillariineae indet.	<i>Amphidinium carterae</i>	<i>Brachiomonas sp.</i>
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	<i>Amphidinium crassum</i>	<i>Calciosolenia sp.</i>
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	<i>Amphidinium flagellans</i>	Calyptosphaeraceae indet.
<i>Bacteriastrum sp.</i>	<i>Amphidinium sp.</i>	<i>Chlamydomonas sp.</i>
<i>Cerataulina dentata</i>	<i>Ceratium furca</i>	<i>Chlorella sp.</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Ceratium fusus</i>	Chlorophyceae indet.
<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Ceratium horridum</i>	<i>Chrysochromulina alifera</i>
<i>Chaetoceros anastomosans</i>	<i>Ceratium inflatum</i>	<i>Chrysochromulina hirta</i>
<i>Chaetoceros brevis</i>	<i>Ceratium lineatum</i>	<i>Chrysochromulina sp.</i>
<i>Chaetoceros compressus</i>	<i>Ceratium macroceros</i>	Chrysophyceae indet.
<i>Chaetoceros concavicornis</i>	<i>Ceratium pentagonum</i>	<i>Closterium kuetzingii</i>
<i>Chaetoceros constrictus</i>	<i>Ceratium pulchellum</i>	<i>Closterium sp.</i>
<i>Chaetoceros costatus</i>	<i>Ceratium tripos</i>	Coccolitoforidi indet.
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Ceratocorys gouretii</i>	Colonie di Cyanophyceae indet.
<i>Chaetoceros dadayi</i>	Cisti indet.	<i>Crucigenia sp.</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Cochlodinium sp.</i>	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
<i>Chaetoceros debilis</i>	Dinophyceae indet.	Cryptophyceae indet.
<i>Chaetoceros decipiens</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>	Cyanophyceae indet.
<i>Chaetoceros diversus</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Dictyocha fibula</i>
<i>Chaetoceros dydimus</i>	<i>Dinophysis ovum</i>	<i>Dictyocha speculum</i>
<i>Chaetoceros eibenii</i>	<i>Dinophysis parva</i>	<i>Dictyocha staurodon</i>
<i>Chaetoceros holsaticus</i>	<i>Dinophysis rotundata</i>	Dictyochophyceae indet.
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	<i>Dinophysis sacculus</i>	<i>Dinobryon porrectum</i>
<i>Chaetoceros laevis</i>	<i>Diplopsalis group</i>	<i>Discosphaera tubifer</i>
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Diplopsalis sp.</i>	<i>Dunaliella sp.</i>
<i>Chaetoceros mitra</i>	<i>Goniodoma polyedricum</i>	<i>Dunaliella tertiolecta</i>
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	<i>Goniodoma sphaericum</i>	<i>Ebria tripartita</i>
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	<i>Gonyaulax fragilis</i>	<i>Euglena acusformis</i>
<i>Chaetoceros similis</i>	<i>Gonyaulax diegensis</i>	<i>Euglena viridis</i>
<i>Chaetoceros simplex</i>	<i>Gonyaulax digitale</i>	Euglenales indet.
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Gonyaulax minima</i>	Euglenophyceae indet.
<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>Gonyaulax monocantha</i>	<i>Eutreptia lanowii</i>
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	<i>Gonyaulax polygramma</i>	<i>Hermesinum adriaticum</i>
<i>Chaetoceros teres</i>	<i>Gonyaulax scrippsae</i>	<i>Heterosigma sp.</i>
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>	<i>Gonyaulax sp.</i>	<i>Hillea fusiformis</i>
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	<i>Gonyaulax spheiroidea</i>	<i>Meringosphaera mediterranea</i>
<i>Chaetoceros wighamii</i>	<i>Gonyaulax spinifera</i>	<i>Meringosphaera radians</i>



Bacillariophyceae	Dinophyceae	“Altro fitoplancton”
<i>Cocconeis sp.</i>	<i>Gonyaulax verior</i>	<i>Meringosphaera tenerrima</i>
<i>Coscinodiscus sp.</i>	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	<i>Merismopedia sp.</i>
<i>Cyclotella litoralis</i>	<i>Gymnodinium ostenfeldii</i>	<i>Michaelsarsia sp.</i>
<i>Cyclotella sp.</i>	<i>Gymnodinium rubrum</i>	<i>Nefroselmis sp.</i>
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Gymnodinium simplex</i>	<i>Ochromonas sp.</i>
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	<i>Gymnodinium sp.</i>	<i>Octactis octonaria</i>
<i>Cymbella sp.</i>	<i>Gymnodinium sphaericum</i>	<i>Oltmannsiella lineata</i>
<i>Dactyliosolen antarticus</i>	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	<i>Ophiaster hydroideus</i>
<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	<i>Gymnodinium wulfii</i>	<i>Ophiaster sp.</i>
<i>Dactyliosolen cylindrus</i>	<i>Gyrodinium estuariale</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	<i>Pachysphaera sp.</i>
<i>Detonula pumila</i>	<i>Gyrodinium nasutum</i>	<i>Pediastrum sp.</i>
<i>Diatoma sp.</i>	<i>Gyrodinium sp.</i>	<i>Plagioselmis sp.</i>
<i>Diploneis sp.</i>	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Pontosphaera sp.</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Heterocapsa minima</i>	Prasinophyceae indet.
<i>Entomoneis sp.</i>	<i>Heterocapsa niei</i>	Prymnesiophyceae indet.
<i>Epithemia sp.</i>	<i>Heterocapsa sp.</i>	<i>Pseudoanabaena sp.</i>
<i>Eucampia cornuta</i>	<i>Katodinium rotundatum</i>	<i>Pseudopedinella pyriforme</i>
<i>Fragilaria sp.</i>	<i>Kofoidinium velleloides</i>	<i>Pyramimonas adriatica</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	<i>Pyramimonas orientalis</i>
<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Micracanthodinium sp.</i>	<i>Pyramimonas sp.</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Ornithocercus magnificus</i>	Raphidophyceae indet.
<i>Gyrosigma sp.</i>	<i>Oxtoxum globosum</i>	<i>Rhabdosphaera sp.</i>
<i>Haslea trompii</i>	<i>Oxytoxum constrictum</i>	<i>Rhabdosphaera stylifer</i>
<i>Hemiaulus hauckii</i>	<i>Oxytoxum longiceps</i>	<i>Rhodomonas sp.</i>
<i>Hemiaulus sinensis</i>	<i>Oxytoxum longum</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>
<i>Lauderia annulata</i>	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	<i>Scyphosphaera apsteinii</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Oxytoxum ovale</i>	<i>Syracosphaera mediterranea</i>
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	<i>Oxytoxum scolopax</i>	<i>Syracosphaera pulchra</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Oxytoxum sp.</i>	<i>Syracosphaera sp.</i>
<i>Leptocylindrus sp.</i>	<i>Oxytoxum tessellatum</i>	<i>Tetraselmis gracilis</i>
<i>Licmophora sp.</i>	<i>Oxytoxum variabile</i>	<i>Tetraselmis sp.</i>
<i>Lioloma pacificum</i>	<i>Phalacroma sp.</i>	<i>Tetraselmis wettsteinii</i>
<i>Lioloma sp.</i>	<i>Podolampas bipes</i>	
<i>Lithodesmium sp.</i>	<i>Pronoctiluca pelagica</i>	
<i>Manguinea fusiformis</i>	<i>Prorocentrum gracile</i>	
<i>Melosira sp</i>	<i>Prorocentrum lima</i>	
<i>Navicula delicatula</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	
<i>Navicula directa</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	
<i>Navicula distans</i>	<i>Prorocentrum scutellum</i>	
<i>Navicula sp.</i>	<i>Prorocentrum sp.</i>	
<i>Navicula transitans</i>	<i>Prorocentrum triestinum</i>	
<i>Navicula vanhoeffenii</i>	<i>Protopteridinium bipes</i>	
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Protopteridinium bispinum</i>	
<i>Nitzschia bicapitata</i>	<i>Protopteridinium brochii</i>	
<i>Nitzschia distans</i>	<i>Protopteridinium conicum</i>	



Bacillariophyceae	Dinophyceae	“Altro fitoplancton”
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Protoberidinium crassipes</i>	
<i>Nitzschia praelonga</i>	<i>Protoberidinium depressum</i>	
<i>Nitzschia sigma</i>	<i>Protoberidinium diabolium</i>	
<i>Nitzschia sp.</i>	<i>Protoberidinium divergens</i>	
<i>Nitzschia spathulata</i>	<i>Protoberidinium globulum</i>	
<i>Odontella aurita</i>	<i>Protoberidinium granii</i>	
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Protoberidinium minutum</i>	
<i>Oestrupia sp.</i>	<i>Protoberidinium oceanicum</i>	
<i>Pinnularia sp.</i>	<i>Protoberidinium ovum</i>	
<i>Pleurosigma directum</i>	<i>Protoberidinium pellucidum</i>	
<i>Pleurosigma normanii</i>	<i>Protoberidinium pentagonum</i>	
<i>Pleurosigma sp.</i>	<i>Protoberidinium sp.</i>	
<i>Podocystis perrinensis</i>	<i>Protoberidinium sphaericum</i>	
<i>Podocystis spathulata</i>	<i>Protoberidinium steinii</i>	
<i>Proboscia alata</i>	<i>Pselodinium sp.</i>	
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex</i>	<i>Scrippsiella sp.</i>	
<i>Pseudo-nitzschia del Nitzschia seriata complex</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	
<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i>	<i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i>	
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>	<i>Takayama pulchella</i>	
<i>Pseudo-nitzschia subpacifica</i>	<i>Torodinium teredo</i>	
<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i>	<i>Warnowia sp.</i>	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>		
<i>Rhabdonema adriaticum</i>		
<i>Rhizosolenia castracanei</i>		
<i>Rhizosolenia decipiens</i>		
<i>Rhizosolenia hebetata</i>		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		
<i>Rhizosolenia robusta</i>		
<i>Rhizosolenia setigera</i>		
<i>Rhizosolenia sp.</i>		
<i>Rhizosolenia styliformis</i>		
<i>Skeletonema costatum</i>		
<i>Skeletonema menzelii</i>		
<i>Skeletonema sp.</i>		
<i>Striatella sp.</i>		
<i>Striatella unipunctata</i>		
<i>Surirella sp.</i>		
<i>Synedra spp.</i>		
<i>Thalassionema bacillare</i>		
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		
<i>Thalassionema sp.</i>		
<i>Thalassiosira rotula</i>		
<i>Thalassiosira sp.</i>		
<i>Toxarium undulatum</i>		
<i>Tropidoneis sp.</i>		



3.2.3 Osservazioni generali

Nel periodo 2005 - 2006, preso in esame in questa discussione, le acque della fascia costiera toscana, cioè le acque fino a 500m da riva, hanno una la densità cellulare che può variare da 10^3 a 10^5 cell/L, a seconda della stagione e della disponibilità trofica del sistema. Nelle stazioni vicine alle foci dei fiumi (fiume Morto e foce Ombrone) si hanno, più volte durante l'anno, concentrazioni più elevate fino ad arrivare a 10^5 - 10^6 cell/L. La distribuzione spazio temporale della comunità fitoplanctonica costiera evidenzia, in tutti i punti esaminati, che le alte concentrazioni sono dovute essenzialmente alla presenza di fitoflagellati, in particolare Cryptophyceae, e di diatomee, (*Pseudo-nitzschia del Nitzschia delicatissima complex*, *Skeletonema menzelii*, *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Guinardia delicatula*). Questi raggruppamenti raggiungono la massima concentrazione in primavera e, soprattutto, in autunno, per la concomitanza di condizioni favorevoli come la temperatura, la maggiore disponibilità di nutrienti e l'irraggiamento solare. I dinoflagellati, sempre piuttosto scarsi, raggiungono il massimo nel periodo estivo. 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.

Infine, i valori dell'indice trofico TRIX attribuiscono alle acque monitorate uno **stato ambientale elevato - buono**, caratterizzato da una buona trasparenza delle acque, assenza di colorazione e di fenomeni di ipossia.

3.2.4 Mesozooplancton

Il periodo preso in esame va dal gennaio 2005 ad aprile 2006, con campagne di campionamento bimensili tranne che per il mese di aprile 2006, in cui ne è stata effettuata una. Gli andamenti di Cladoceri, Copepodi e Altro zooplancton, ottenuti mediando i valori delle sei stazioni di campionamento, sono riportati in Grafico 31.

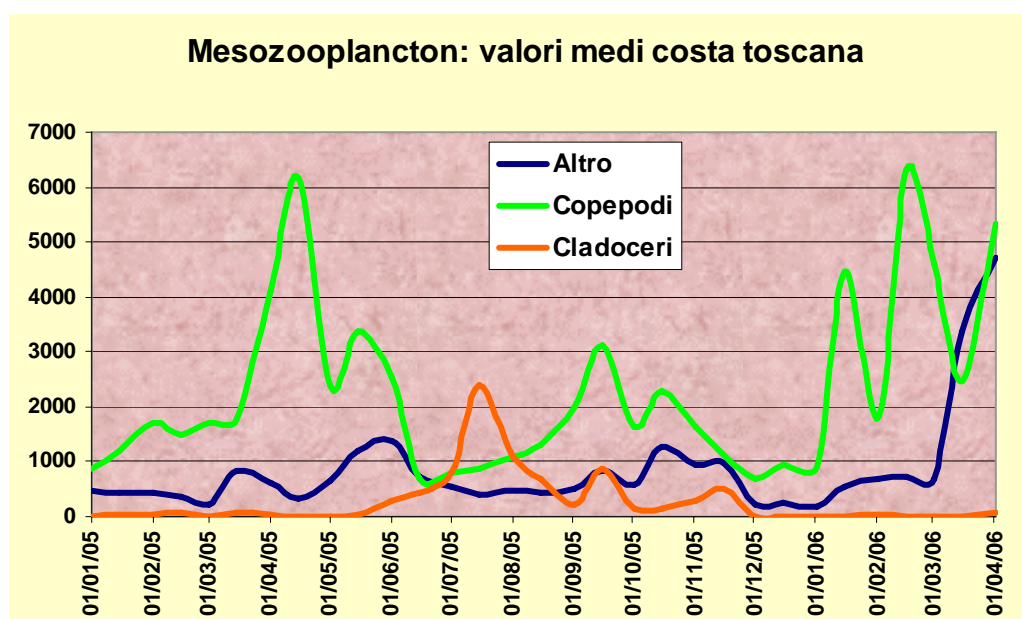


Grafico 31 - Andamento medio dell'abbondanza di Copepodi, Cladoceri e Altro zooplancton (ind./m³)



Copepodi seguono le oscillazioni annuali descritte nella precedente relazione relativa al triennio 2001-2004: il periodo di massima abbondanza è compreso nei mesi di fine inverno-primavera, vale a dire da febbraio a giugno, con un decremento estivo, un secondo picco autunnale inferiore al primaverile e una nuova diminuzione in inverno. In particolare, i periodi di massima abbondanza sia del 2005 (aprile-maggio) che del 2006 (febbraio-aprile) hanno registrato valori superiori ai 6000 individui/m³, contro un valore medio del triennio precedente intorno ai 4000 ind./m³. Anche il “picco” autunnale, seppur inferiore a quello primaverile, ha fatto registrare valori di 3000 ind./m³, contro i 1500 ind./m³ del triennio precedente.

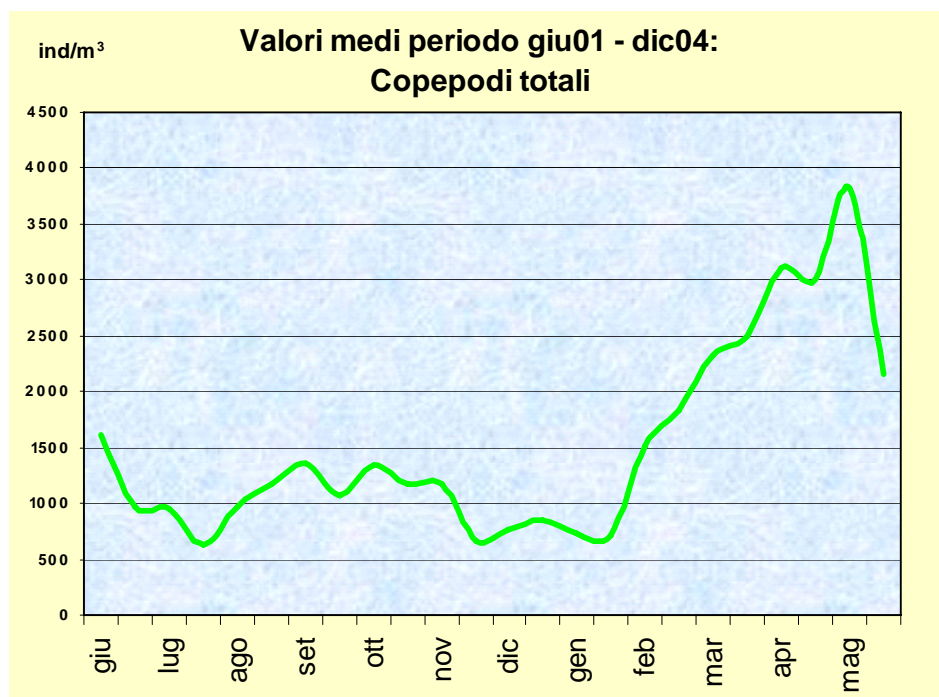


Grafico 32 - Andamento medio dell'abbondanza dei Copepodi nel triennio 2001-2004 (ind./m³)

I generi più abbondanti sono *Acartia*, *Paracalanus* (Copepodi Calanoidi) e *Oithona* (Copepodi Ciclopoidi). *Acartia* e *Paracalanus* sono presenti quasi tutto l'anno, anche se generalmente raggiungono le abbondanze maggiori nei mesi primaverili. In particolare, risulta piuttosto interessante il genere *Acartia*, presente nelle acque toscane con varie specie. *A. clausi* è sicuramente la più frequente e abbondante in tutte le stazioni, raggiunge i valori più elevati nei mesi di maggio-giugno: un esempio è riportato per la stazione di Carbonifera.

Le altre specie del genere sono sicuramente meno frequenti e abbondanti, ma risultano interessanti per la distribuzione che presentano. *A. discaudata var. mediterranea* è più frequente presso le stazioni di Fiume Morto e Antignano, cioè a nord della Toscana, mentre non è mai stata rilevata presso la stazione di Foce Ombrone, che al contrario si trova a sud.

Interessante anche la presenza soprattutto nei mesi invernali (in corrispondenza dei valori minimi di *A. clausi*) di *A. negligens*, specie non proprio tipica di acque costiere. Altra specie interessante è *A. margalefi*, che viene trovata con una certa frequenza solo presso la stazione di Elba Nord, cosa alquanto insolita perché questa specie dovrebbe prediligere acque salmastre. Si ritrova in prevalenza da maggio a dicembre.



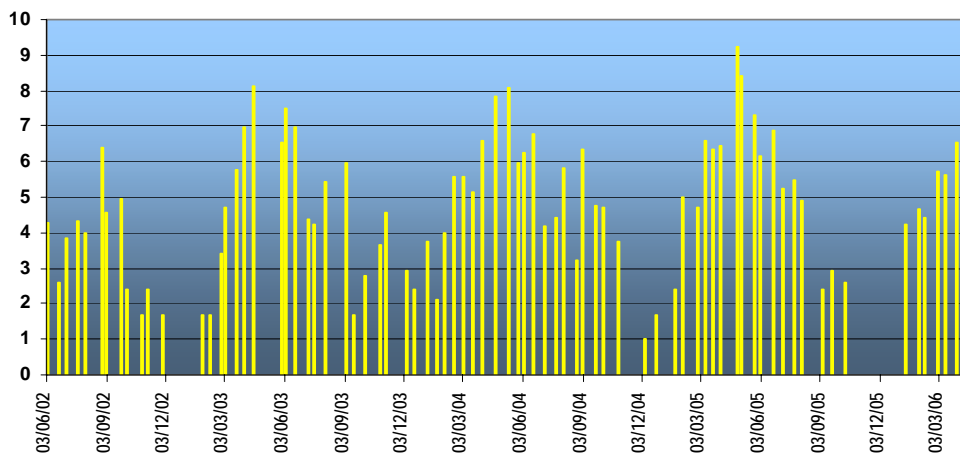
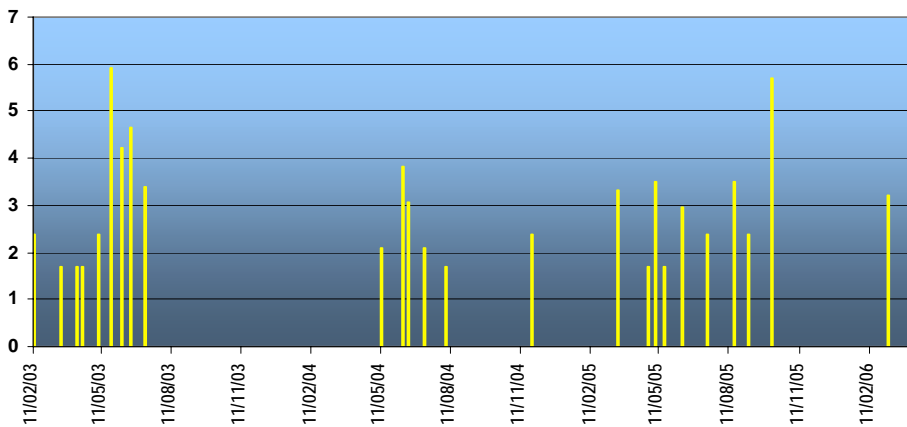


Grafico 33 - *Abbondanza di A. clausi nel periodo 2002-2006, stazione di Carbonifera, dati espressi in Ln(ind./m³)*

(Fiume Morto)



(Antignano)

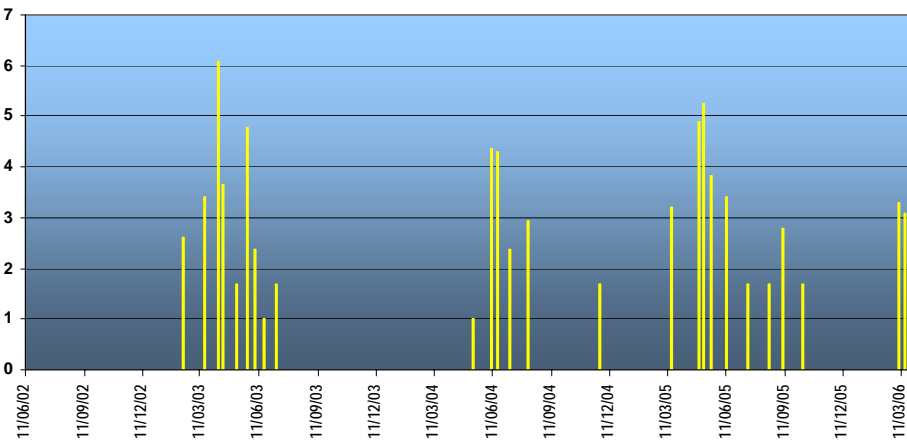


Grafico 34 - *Abbondanza di A. discaudata var. mediterranea nel periodo 2002-2006, stazioni di Fiume Morto e Antignano (dati espressi in Ln (ind./m³))*



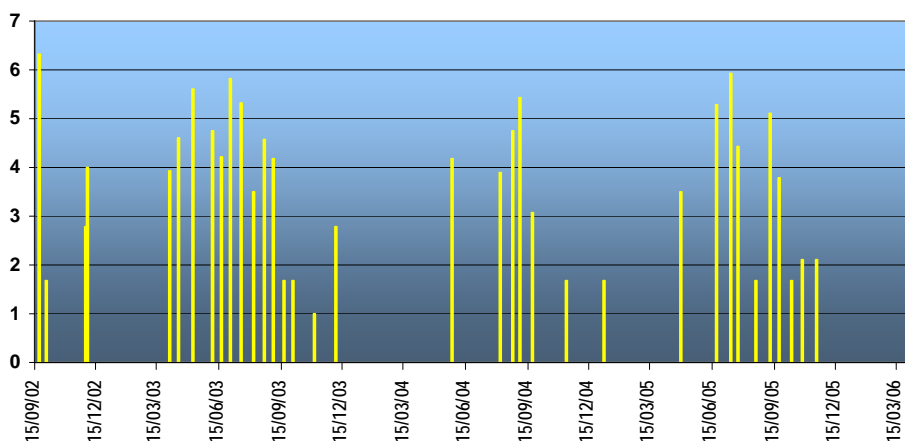


Grafico 35 - Abbondanza di *A. margalefi* nel periodo 2002-2006, stazione di Elba Nord (dati espressi in $\ln(\text{ind./m}^3)$)

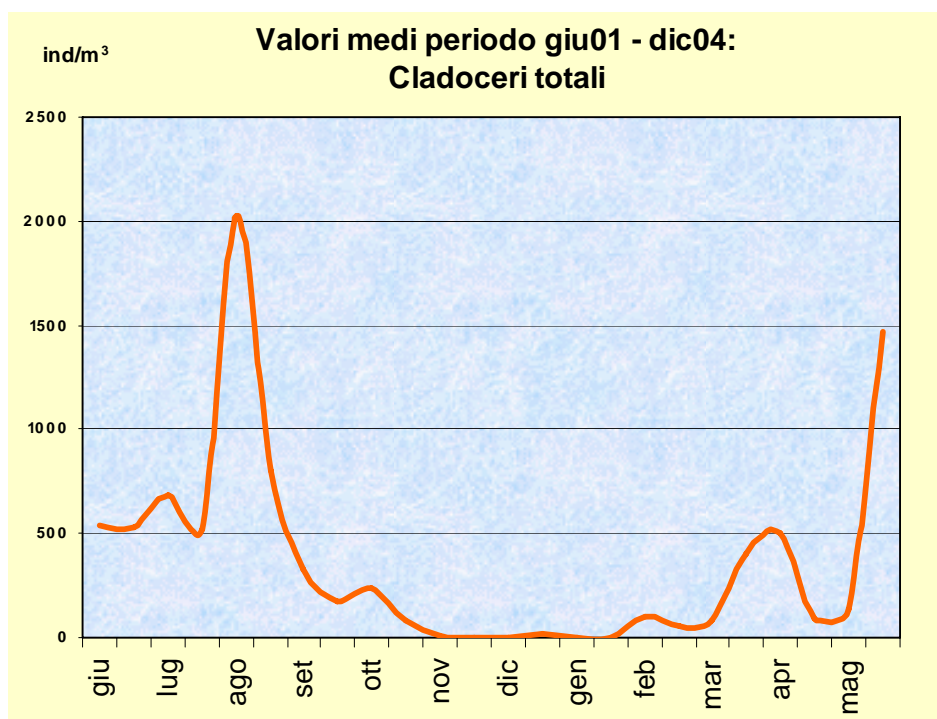


Grafico 36 - Andamento medio dell'abbondanza dei Cladoceri nel triennio 2001-2004

I Cladoceri hanno mostrato valori elevati nel periodo estivo, come del resto era atteso considerando i dati del triennio 2001-2004. Nel 2005 iniziano ad essere significativamente presenti a giugno, raggiungendo il valore più elevato, circa 2500 ind./m³ come valore medio delle sei stazioni di campionamento, nel luglio 2005. L'abbondanza dei Cladoceri diminuisce poi gradualmente fino ad essere prossima a zero nel mese di dicembre 2005 e fino ad aprile 2006.

La “curva” relativa al triennio 2001-2004 presenta valori elevati nel mese di maggio, a differenza di maggio 2005: quel valore medio elevato è dovuto alla presenza massiccia di *Podon sp.* presso la stazione di Antignano, circa 20000 ind./m³, riscontrata nella seconda metà di maggio 2002 e che successivamente non si è ripresentata. Quindi, i Cladoceri si confermano



abbondanti nel periodo estivo divenendo predominanti anche sui Copepodi, tendono a scomparire con il raffreddamento delle acque, praticamente in tutte le stazioni. La stazione di Carbonifera ha fatto eccezione a quanto sopra esposto per le prime tre estati (2001-2002-2003), quando i Cladoceri non hanno mai superato in abbondanza i Copepodi; nelle estati 2004 e 2005, invece, i Cladoceri hanno predominato sui Copepodi raggiungendo abbondanze piuttosto elevate, seppur per brevi periodi. Sarebbe interessante continuare a seguire il fenomeno nei prossimi anni.

Le specie rinvenute sono cinque, *Penilia avirostris*, *Evadne spinifera*, *E. tergestina*, *Podon polyphemoides*, *P. intermedius*.

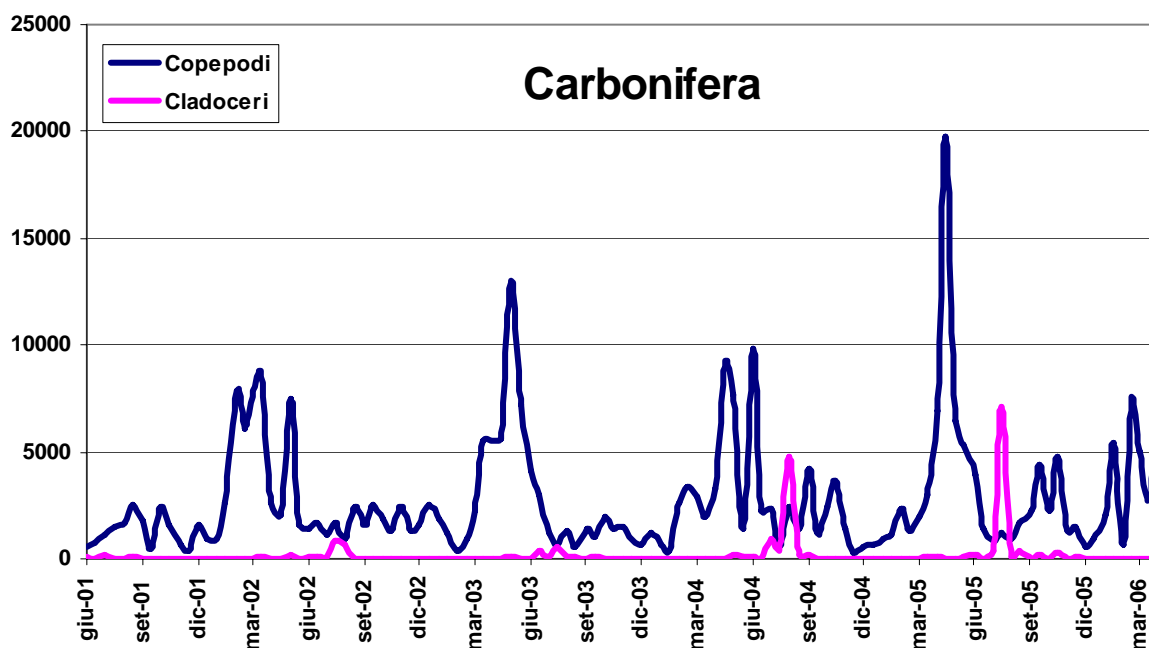


Grafico 37 - Stazione di Carbonifera, andamento di Copepodi e Cladoceri nel periodo giu01-apr06.



Figura 9 - I Cladoceri *Evadne spinifera* (sinistra) e *Penilia avirostris*.

Come già riportato nelle precedenti relazioni, l'andamento medio del parametro "Altro zooplancton" è abbastanza irregolare, non presentando stagionalità evidenti. Probabilmente ciò è dovuto alla grande eterogeneità degli organismi che ricadono in questa categoria tassonomica (praticamente tutti i *phyla* di invertebrati marini, o come stadi adulti o come stadi larvali) e dal sovrapporsi delle variabilità delle abbondanze specie specifiche, governate dagli andamenti dei singoli cicli vitali.

Per una maggiore comprensione, sarebbe necessario l'approfondimento tassonomico dei vari *phyla*, considerati singolarmente nelle varie stazioni di campionamento. In ogni caso, dal confronto tra il periodo gen05-apr06 e quello giu01-dic04, emerge una significativa differenza: nei mesi di marzo e aprile 2006 c'è stata una brusco aumento di individui/m³. A conferma di quanto detto sopra, questo aumento è a carico soprattutto dell'incremento del numero di larve di Bivalvi, a partire dalla stazione di Carbonifera per poi estendersi alle altre stazioni, anche se i picchi più elevati si sono riscontrati presso le stazioni di Carbonifera, Antignano e Foce Ombrone.

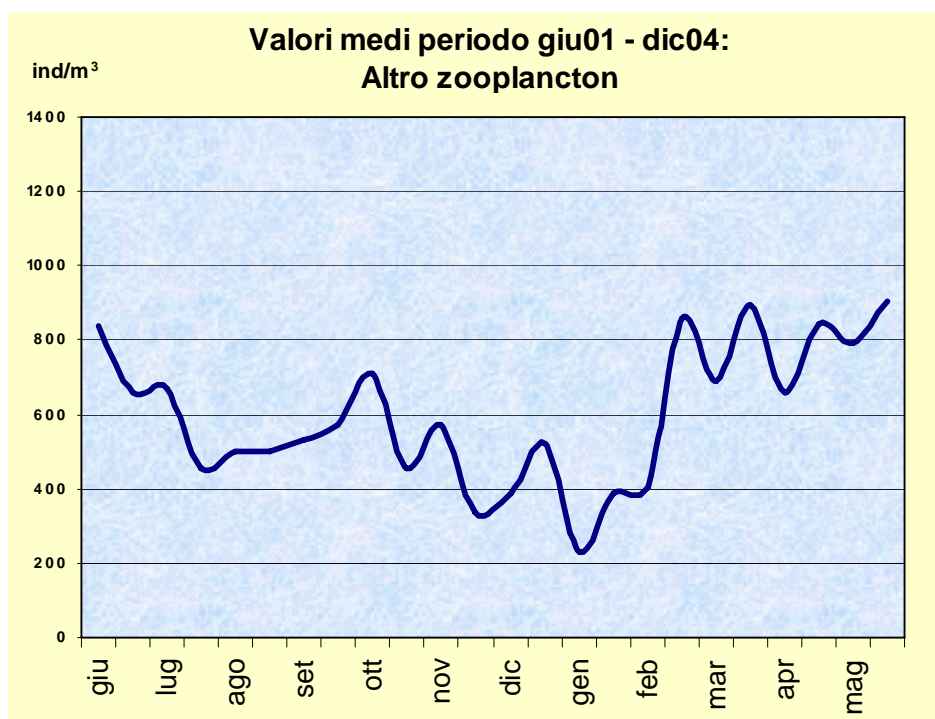


Grafico 38 - Andamento medio dell'abbondanza dei Cladoceri nel triennio 2001-2004.

Tabella 13 - Abbondanza di larve di Bivalvi in ind./m³ nelle varie stazioni nei mesi di marzo e aprile 06 (in colore i valori più significativi)

	Fiume Morto	Antignano	Marina di Castagneto	Carbonifera	Elba Nord	Foce Ombrone
Marzo 06 (I)	220	78	8	1155	580	303
Marzo 06 (II)	174	206	125	7685	157	8802
Aprile 06	1560	8448	471	8351	980	ND



3.3 MONITORAGGIO SEDIMENTO

Tabella 14 - 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:

001S (I semestre 2005) eseguita dal 2 al 16 marzo 2005

002S (II semestre 2005) eseguita dal 5 al 13 settembre 2005

001S (I semestre 2006) eseguita dal 14 al 31 marzo 2006

3.3.1 Osservazioni generali

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

Tabella 15 - 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 16 – analisi granulometriche(classi %) dei sedimenti marini nel periodo 2005-06

Stazione	Data	Sabbia (0,063 mm <x < 2 mm)	Ghiaia (diametro > 2 mm)	Peliti (diametro < 0,063 mm)
AT01	02/03/2005	2.25	0.94	96.80
CS05	02/03/2005	30.78	0.81	68.41
CR05	10/03/2005	5.61	0.13	94.25
EB01	16/03/2005	21.72	0.42	77.86
FO05	10/03/2005	3.51	0.39	96.10
FM05	02/03/2005	0.66	0.32	99.02
FM05	05/09/2005	0.49	0.35	99.17
AT01	05/09/2005	2.42	0.37	97.21
CS05	06/09/2005	19.57	0.99	79.44
CR05	06/09/2005	4.70	0.04	95.26
EB01	08/09/2005	22.86	0.34	76.80
FO05	13/09/2005	2.68	0.17	97.15
EB01	30/03/2006	26.62	0.99	72.39
FO05	14/03/2006	4.56	0.31	95.13
FM05	17/03/2006	0.32	0.22	99.46
AT01	16/03/2006	1.70	0.77	97.53
CS05	15/03/2006	72.52	0.59	26.89
CR05	31/03/2006	6.54	0.24	93.22

Tabella 17 – concentrazioni di metalli ($\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$) e sostanza organica ($\text{mg}/\text{kg p.s.}$) nei sedimenti marini nel periodo 2005-06

Stazione	Data	Hg	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	V	As	Ni	Al	Fe	TOC
AT01	02/03/05	20174	2075	1017448	262797	566865	270348	421516	163955	556271	19476740	23895350	0.85
CS05	02/03/05	1101	1450	1516859	9478	444948	245506	378089	117417	988760	18876400	30056180	0.66
CR05	10/03/05	5264	1599	744797	25000	110937	297398	567703	202602	401047	28645830	35937500	0.63
EB01	16/03/05	2696	1855	1101125	303936	848316	271343	612355	294948	646064	28314606	35674160	0.44
FO05	10/03/05	4950	1652	539652	197124	100000	318398	481602	167811	403443	22931034	35574710	0.80
FM05	02/03/05	889	1556	895067	156791	614818	322222	419138	74071	554320	248765430	34012350	0.72
FM05	05/09/05	230	1405	725351	166904	711266	350702	416192	83096	610564	250704223	35915490	0.60
AT01	05/09/05	2020	1876	763515	254727	574323	25000	410131	146626	552020	21689190	23108110	0.72
CS05	06/09/05	340	1175	1082359	115883	412359	217641	27000	97058	1094117	12588240	26352940	0.67
CR05	06/09/05	620	1389	529861	272917	819444	308333	492361	211111	45265	22896110	33680560	0.71
EB01	08/09/05	3088	1318	75000	292103	578285	239477	515136	244738	578285	238815785	313815785	0.45
FO05	13/09/05	6202	1144	493104	218398	706896	314368	433901	123562	438508	225862069	339655174	0.68
EB01	30/03/06	3797	3092	868056	284028	715278	238889	682639	322917	658333	259027778	303472222	0.70
FO05	14/03/06	7244	3366	613045	213761	927532	340577	594209	201443	483333	270289851	303623184	0.90
FM05	17/03/06	5240	3574	1071426	277778	1357149	503176	637306	139685	888889	257936509	338888889	0.74
AT01	16/03/06	24592	3725	893442	328685	877042	263116	484422	244263	765578	183606554	213114751	0.78
CS05	15/03/06	4111	3278	1886908	138695	642851	119649	491667	500592	1833333	222023805	288690472	0.83
CR05	31/03/06	11592	3824	664287	288889	1087306	324602	676195	282537	496038	296031740	339682537	0.88



In particolare:

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

Cd: i valori massimi di cadmio sono mediamente alti in tutte le stazioni. La presenza è antropogenica e indica che davanti ad alcune stazioni la pressione antropica potrebbe essere meno forte.

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

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

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

Da rilevare che alcune stazioni presentano valori di Ni e Hg superiori agli standard di qualità dei sedimenti della tabella 2 del Decreto 6 novembre 2003, n.367. Ugualmente tali standard sono spesso superati per l'arsenico e per il piombo. Anche il cromo totale è superiore in concentrazione agli standard di qualità in alcune stazioni; si ritiene però che in questo caso la nostra area geochemica presenti valori di fondo superiori a quelli del DM n.367/2003.

3.4 MONITORAGGIO BIOTA

Tabella 18 - 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:

001Z (I semestre 2005) eseguita dal 15 al 30 marzo 2005

002Z (II semestre 2005) eseguita dall'8 al 26 settembre 2005

001Z (I semestre 2006) eseguita dal 14 al 31 marzo 2006

3.4.1 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 19 – concentrazioni di metalli ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.s.) nei mitili nel periodo 2005-06

Stazione	Data	Hg	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	V	As	Ni	Al	Fe
AT01	14/03/2006	1208.16	1346.94	5785.71	5306.12	156122.45	11224.49	4979.59	29081.63	6040.82	971428.57	859183.67
AT01	19/09/2005	138.53	652.46	52540.98	3008.20	123770.49	7401.64	4385.25	18770.49	39180.33	200000.00	495901.64
AT01	30/03/2005	582.0	925.0	10416.7	6466.7	134166.7	7291.7	7008.3	16333.3	9166.7	568333.3	579.2
CR05	13/09/2005	158.33	542.50	154166.67	3258.33	98333.33	10333.33	2816.67	16000.00	97500.00	335833.33	1116666.67
CR05	15/03/2005	440.2	671.9	121951.2	11390.2	112682.9	13292.7	9207.3	17439.0	75365.8	2219512.2	3158.5
CR05	27/03/2006	470.29	1152.17	13043.48	4543.48	102898.55	10217.39	3369.57	24275.36	9130.43	942028.99	840579.71
CS05	24/03/2005	874.0	1111.1	14814.8	7268.5	166666.7	21759.2	3805.5	10925.9	19351.8	1581481.5	1442.6
CS05	26/09/2005	111.94	511.19	14328.36	1776.12	82089.55	6962.69	1820.90	16567.16	12761.19	345522.39	518656.72
CS05	31/03/2006	1082.09	970.15	19104.48	4059.70	155223.88	13283.58	4910.45	20820.90	18656.72	1186567.16	4097014.93
EB01	20/09/2005	82.89	599.34	4539.47	3526.32	119736.84	3934.21	802.63	11710.53	3355.26	51578.95	84868.42
EB01	21/03/2005	426.7	972.6	3671.2	6650.7	163013.7	29178.1	3993.1	21712.3	6390.4	712328.8	650.7
EB01	30/03/2006	426.39	1131.94	11388.89	6729.17	232638.89	10138.89	4027.78	14166.67	8680.56	722222.22	568055.56
FM05	08/09/2005	318.85	431.97	56065.57	2131.15	83606.56	7557.38	73934.43	6991.80	43688.52	289344.26	684360.66
FM05	16/03/2005	398.2	822.6	28870.9	7088.7	103255.8	14112.9	42822.5	46935.6	25483.8	1300000.0	1396.7
FM05	27/03/2006	764.49	898.55	11376.81	3369.57	96376.81	11956.52	3637.68	16376.81	8985.51	654347.83	668840.58
FO05	13/09/2005	100.69	456.94	31180.56	1631.94	87500.00	5166.67	2125.00	10763.89	21041.67	687500.00	812500.00
FO05	15/03/2005	458.1	734.4	45312.5	7708.3	136458.3	14791.7	12395.8	34687.5	32500.0	4354166.6	5364.6
FO05	27/03/2006	500.66	782.90	13486.84	3901.32	96710.53	8486.84	3210.53	21710.53	7894.74	815789.47	756578.95

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).



3.5 MONITORAGGIO BENTHOS

Tabella 20 - Localizzazione stazioni, distanza dalla costa e caratterizzazione ambientale

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

Campagne di campionamento del periodo in esame:

000X – 2005 eseguita dal 01 febbraio al 16 marzo 2005

000X – 2006 eseguita dal 14 al 17 marzo 2006

3.5.1 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 *Rèseau de Surveillance Posidonies en Région Provence-Alpes-Cote d’Azur* (Bertrand et al., 1986). La messa in mare di 10 corpi morti posizionati ad una distanza precisa dal limite della prateria (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.

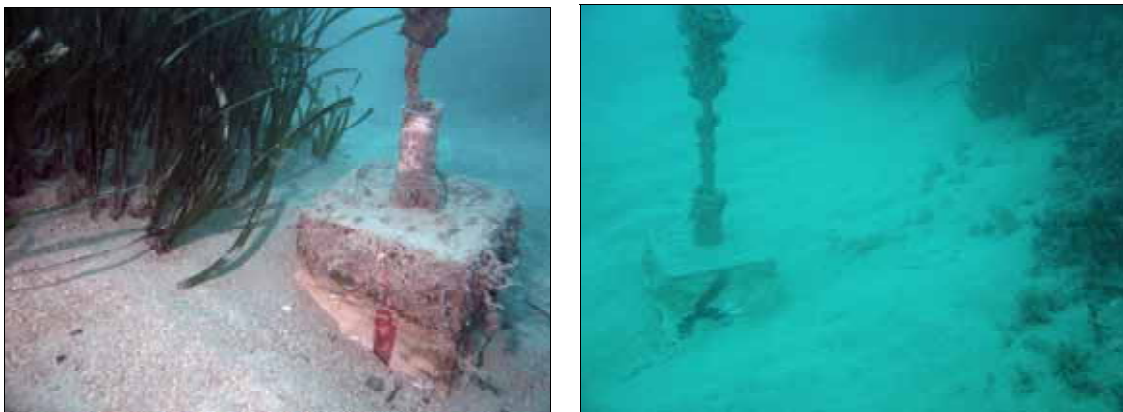


Figura 10 – insabbiamento del corpo morto n. 1 (a sinistra) e sprofondamento del corpo morto n. 6 (a destra)

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.

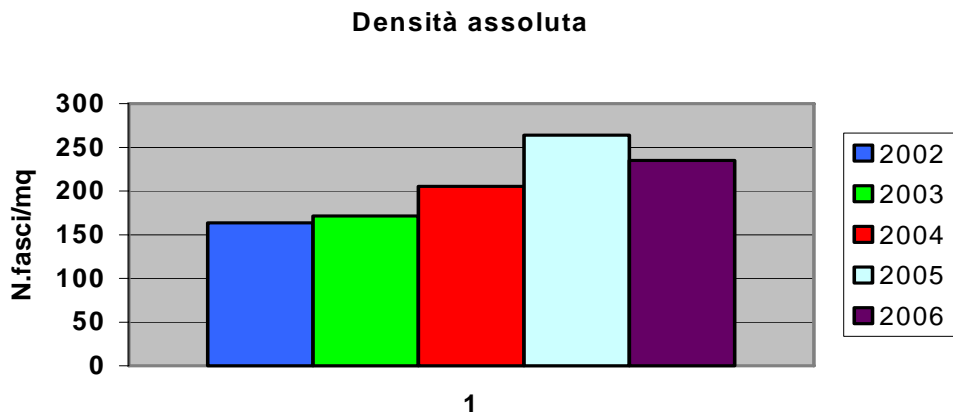


Grafico 39 - Densità assoluta - Antignano

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 della 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.

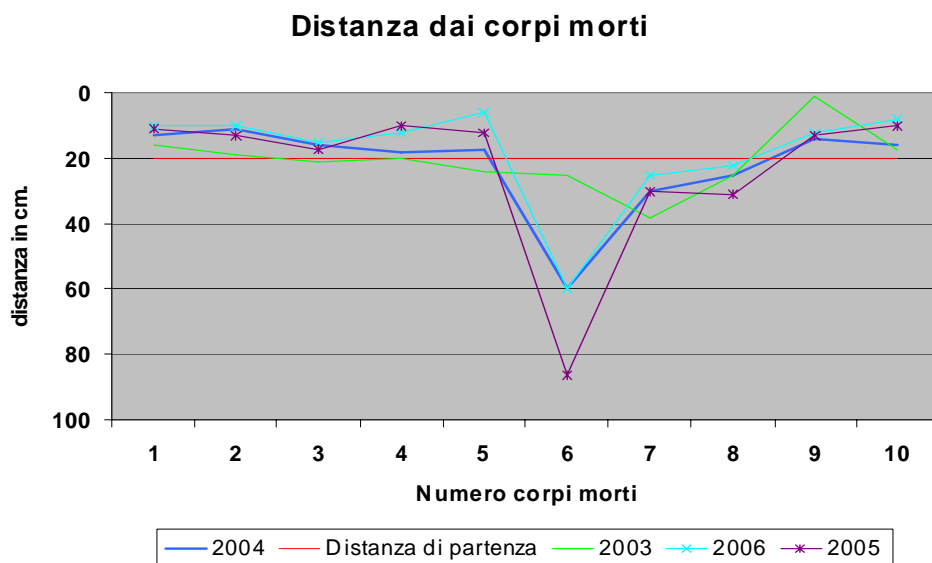


Grafico 40 - Distanza dai corpi morti - Antignano



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.

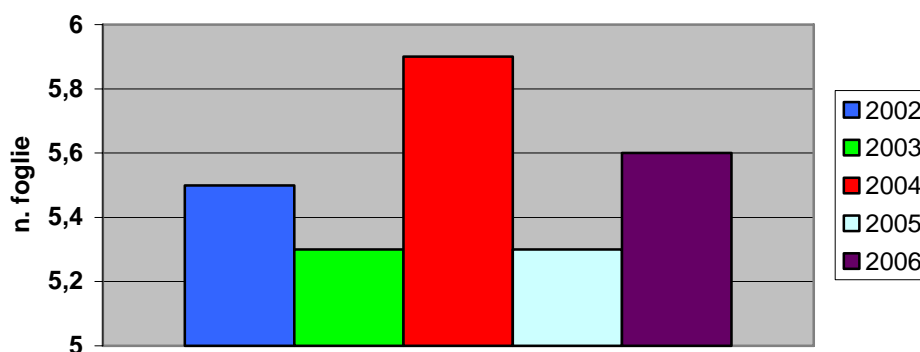


Grafico 41 - Numero di foglie per fascio – Elba Nord

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 (*Meinesz & 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 11 - 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.

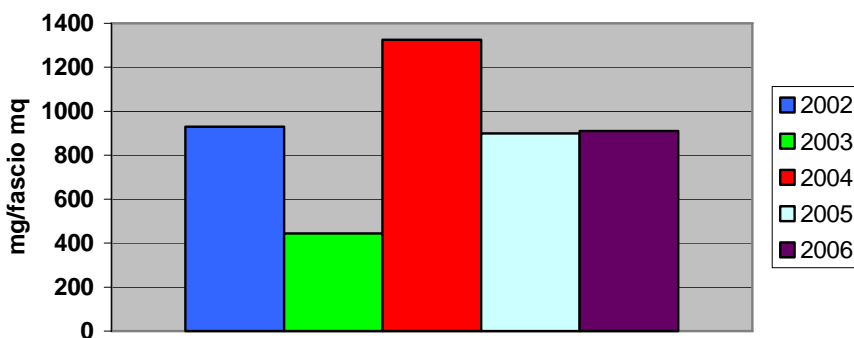


Grafico 42 - Produzione primaria – Carbonifera

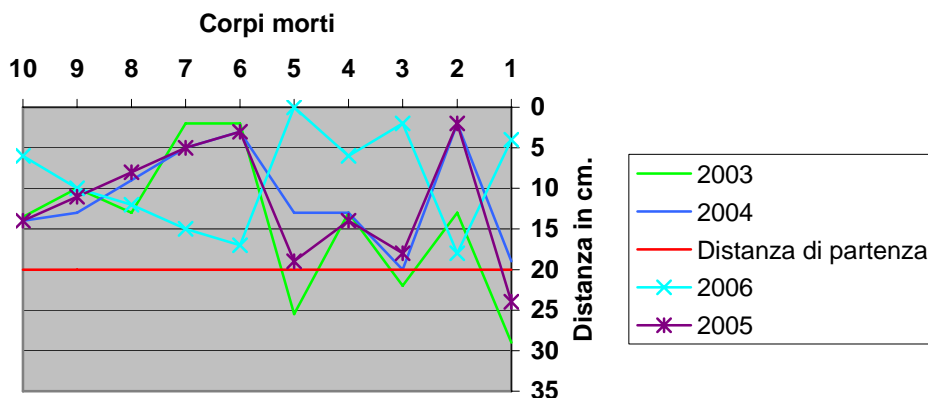


Grafico 43 - Distanza dai corpi morti – Carbonifera



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.

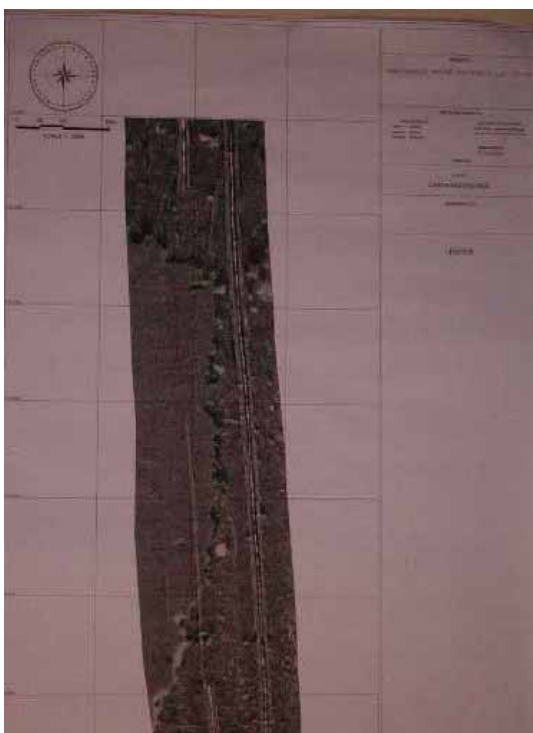


Figura 12 – esempio di mappatura della prateria di *Posidonia mediate* Side Scan Sonar

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".

3.5.2 Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC): anno 2005

Lo studio delle comunità macrozoobentoniche, nelle 3 stazioni di prelievo, ha permesso di identificare 9999 individui appartenenti a 52 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 5826 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, crostacei ed echinodermi per un totale di 27 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 44% del totale, seguono i crostacei (30%), i molluschi (22%) e gli echinodermi (4%).

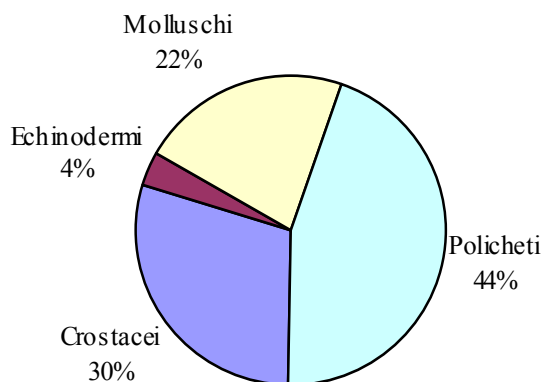


Grafico 44 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2005

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 1,77, un indice di ricchezza specifica di 3,00, un indice di equiripartizione di 0,37 ed un indice di dominanza di 0,46.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 7 specie caratteristiche (*Chamelea gallina*, *Dentalium inaequicostatum*, *Pandora inaequivalvis*, *Pharus legumen*, *Owenia fusiformis*, *Aricidea capensis bansei*, *Paradoneis armata*) pari al 38% delle specie complessivamente rinvenute.

Tali specie sono accompagnate da elementi misticoli (22%) tipici di fondi eterometrici, da specie limicole (22%), da specie sabulicole (6%), da elementi minuticoli (6%) legati sia a sabbia fine che a fango e da specie a larga ripartizione ecologica (6%).



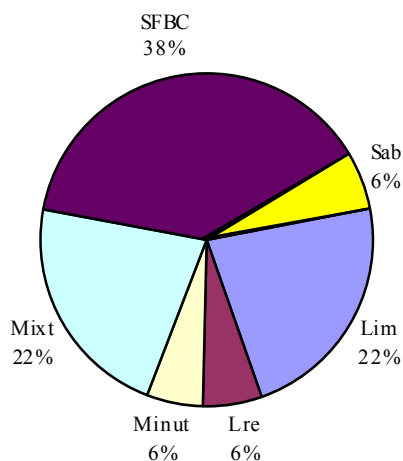


Grafico 45 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2005

L'analisi dei gruppi trofico-ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (69%); non trascurabile la presenza sia dei carnivori-onnivori (8%) che dei filtratori (23%).

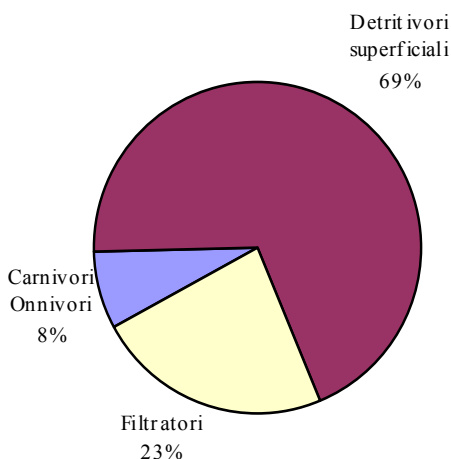


Grafico 46 – composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2005

Marina di Castagneto (CS 05)

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 2883 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi, echinodermi e crostacei, per un totale di 27 specie. I taxa maggiormente rappresentati sono i policheti (37%) ed i crostacei (37%), seguono i molluschi (22%) e gli echinodermi (4%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,03, un indice di ricchezza specifica di 3,26, un indice di equiripartizione di 0,43 ed un indice di dominanza di 0,54.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 11 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Neverita josephinia*, *Pharus legumen*, *Tellina fabula*, *Tellina pulchella*, *Euclymene oerstedii*, *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi*, *Spiophanes bombyx*) pari al 51% delle specie complessivamente rinvenute.



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 (5%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali (5%), da specie tipiche della biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (5%), da specie misticole (10%) tipiche di fondi eterometrici, da specie sabulicole (10%) e da specie minuticole (5%) legate sia a sabbia fine che a fango.

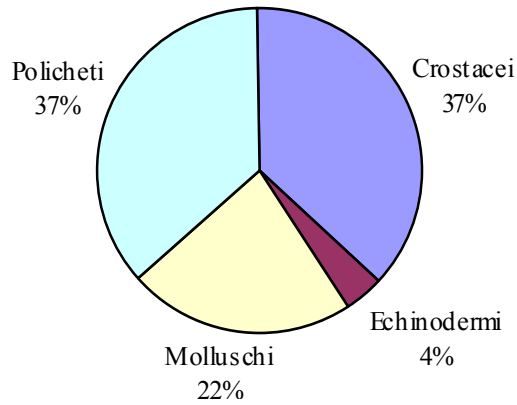


Grafico 47 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2005

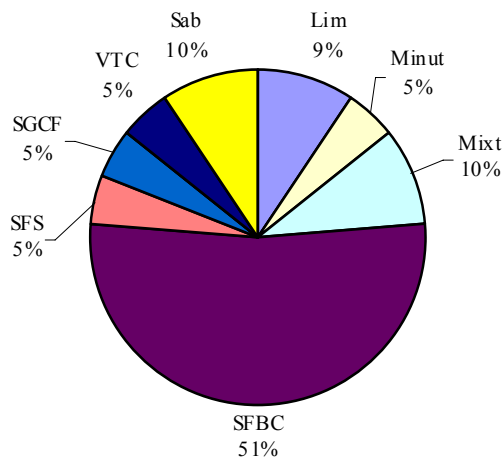


Grafico 48 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2005

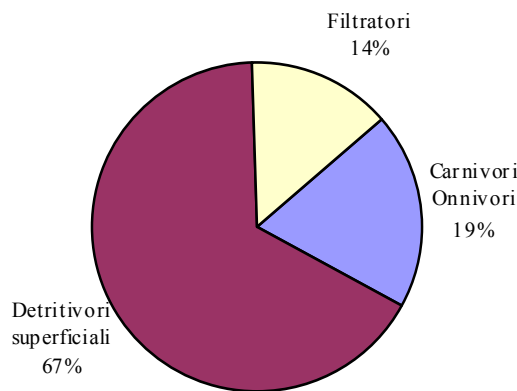


Grafico 49 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2005



Foce Ombrone (FO 05)

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 1290 individui appartenenti ai seguenti gruppi: policheti, molluschi e crostacei, per un totale di 25 specie. Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei policheti che costituisce il 44% del totale, seguono i molluschi (36%) ed i crostacei (20%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,67, un indice di ricchezza specifica di 3,35, un indice di equiripartizione di 0,58 ed un indice di dominanza di 0,78.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 11 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Chamelea gallina*, *Neverita josephinia*, *Pharus legumen*, *Tellina fabula*, *Tellina pulchella*, *Aricidea capensis bansei*, *Euchone rosea*, *Euclymene oerstedii*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*) pari al 55% delle specie complessivamente rinvenute.

Tali specie sono accompagnate da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (10%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (10%), da specie tipiche della biocenosi delle Sabbie Fini di Alto Livello (5%), da specie limicole (10%), da specie sabulicole (5%) e da specie indicatrici di presenza di sostanza organica (5%).

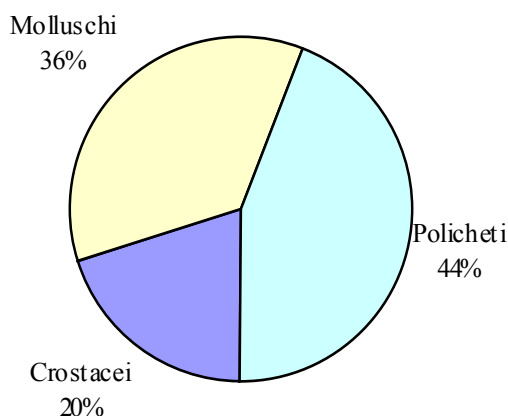


Grafico 50 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2005

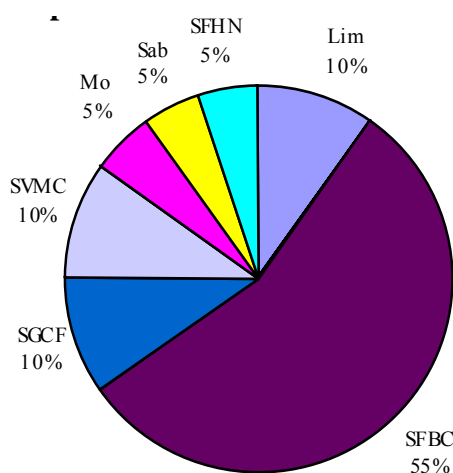


Grafico 51 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2005



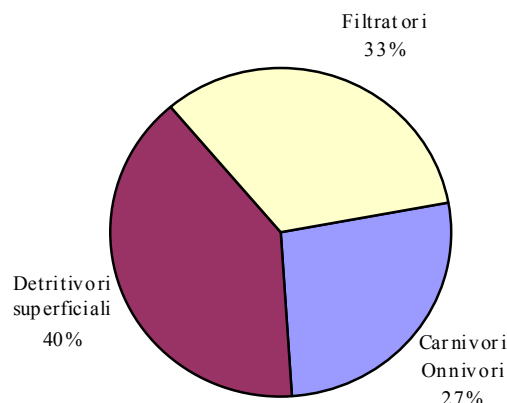


Grafico 52 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2005

L'analisi dei gruppi trofico ecologici evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (40%); non trascurabile la presenza sia dei filtratori (33%) che dei carnivori-onnivori (27%).

3.5.3 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.

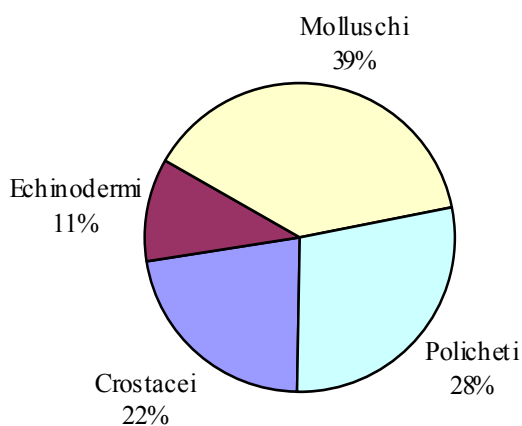


Grafico 53 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006



La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate è rappresentata da 9 specie caratteristiche (*Diogenes pugilator*, *Mactra stultorum*, *Neverita josephinia*, *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%).

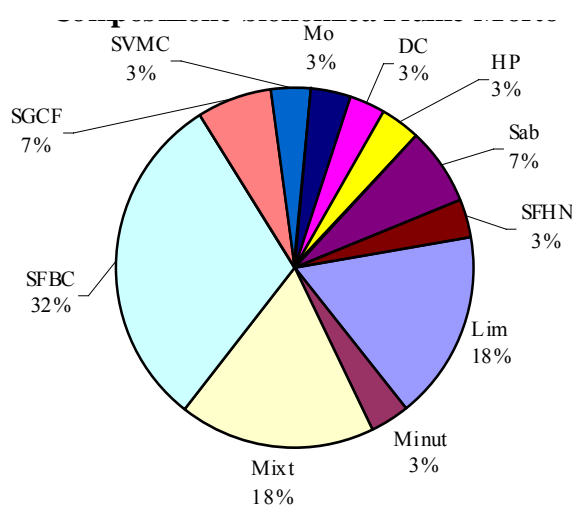


Grafico 54 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006

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%).

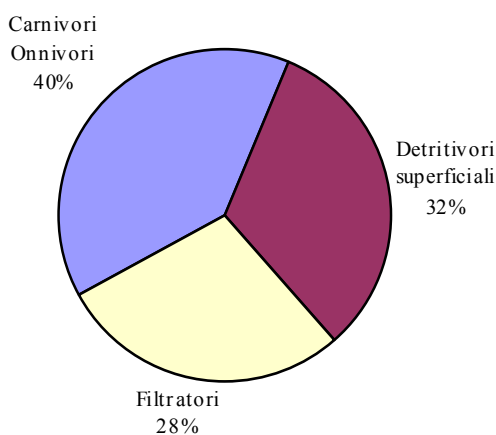


Grafico 55 – composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Fiume Morto nel 2006



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.

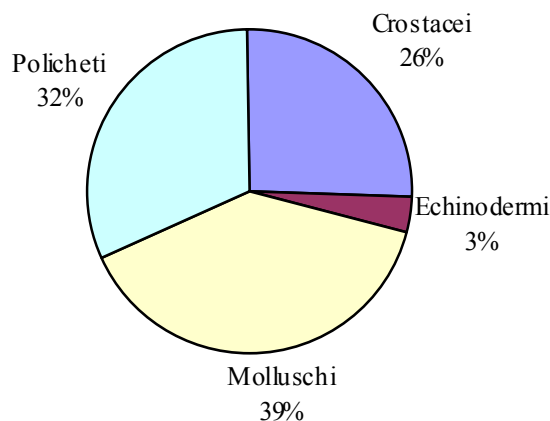


Grafico 56 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006

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.

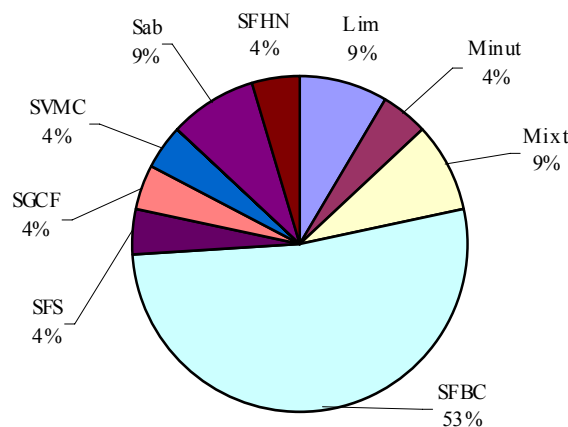


Grafico 57 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006



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%).

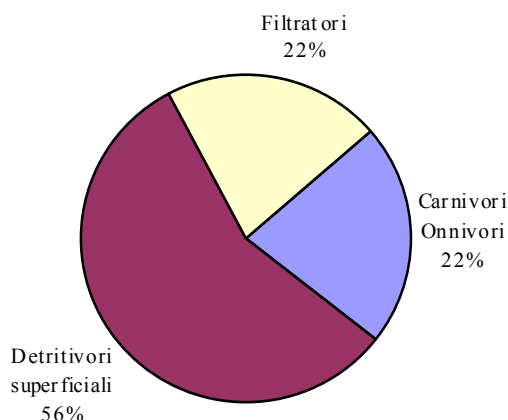


Grafico 58 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Marina di Castagneto nel 2006

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.

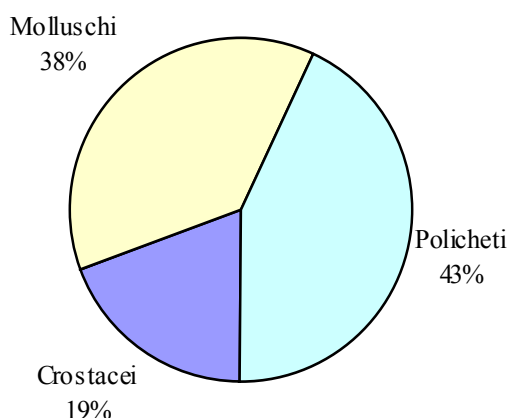


Grafico 59 - composizione tassonomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006

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%).

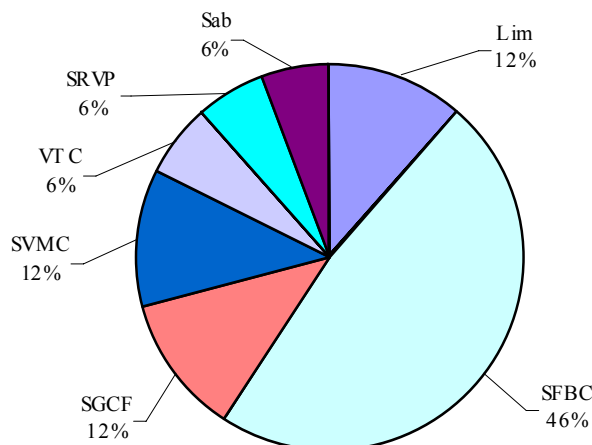


Grafico 60 - composizione bionomica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006

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%).

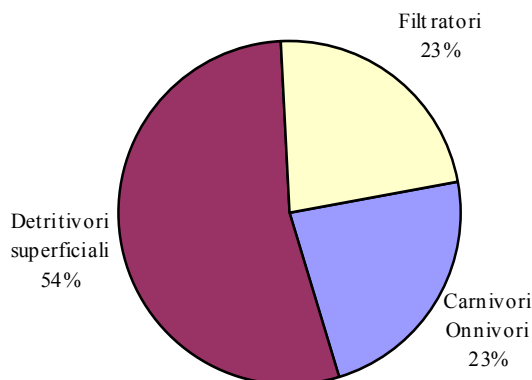


Grafico 61 - composizione trofico-ecologica della biocenosi SFBC di Foce Ombrone nel 2006



4 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-Varriale A.M., Crema R., Curini-Galletti M., Vandini-Zunarelli R., 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Mar. Pollut. Bull.*, 12: 483-488.
- Bray J.R., Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- 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: Arabellidae Hartman, 1944, Oeonidae 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. Atals du Phytoplancton Marin. Volume III: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglenophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées e Tribophycées. Edition du CNRS
- Clarke K.R & Warwick R.M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK: 1-144.
- Crema R., 1997. Divisione del bacino adriatico centro-settentrionale in comparti funzionali alla valutazione di impatto ambientale dell'attività di estrazione petrolifera off-shore. Rapp. Conv. Univ. Modena - Ce.O.M., 64 pp. e appendici.
- Crema R., Bonvicini-Pagliai A.M., Cognetti-Varriale A.M., Morselli I., Zunarelli-Vandini R., 1983. Ruolo delle comunità macrozoobentoniche nel monitoraggio biologico dell'ambiente costiero. Atti Convegno "Eutrofizzazione dell'Adriatico - Ricerche e linee d'intervento": 379-384.
- Day J.H., 1967. A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Trust. Brit. Mus. Nat. Hist., 1/2: 1-878.
- De Biasi A.M., 1999. The impact of trawl fishing on the sea bottoms: choosing an experimental area. Proceedings: 61-78, 19 Novembre 1999, I.C.R.A.M.
- De Torres Aguilar M., 2001. Metodologia de las redes de control de aguas litorales (RAL). Interreg II C. Mediterranea Occidental, Barcellona, 28/29/30 Novembre 2001.
- Deboyd L. Smith, 1977. A guide to marine coastal pkton and marine invertebrate larvae. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Decreto 6 novembre 2003, n. 367. Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.
- Falciai L., Minervini R., 1993. Guida dei Crostacei decapodi d'Europa. F. Muzzio Ed., Padova: 282 pp.
- Fauchald K. & Jumars P.A., 1979. The diet of worms: a polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17: 193-284.
- Fauchald K., 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County, Sci. Ser.*, 28: 1-188.



- Fauvel P., 1923. Polychetes errantes. Faune France, 5: 1-488.
- Fauvel P., 1927. Polychetes sedentaires. Faune France, 16: 1-494.
- 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: 261-271.
- Frasconi F., Bergamini M.C., Caridei F., Miserochi S., 1992. Studio geochimico-sedimentologico dei fondali in funzione del ciclo delle sostanze nutrienti nel lago di Massaciucoli, Problemi di eutrofizzazione e prospettive di risanamento del lago di Massaciucoli-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 recherches sur la bionomie des fonds meubles de l'Adriatique du Nord, Bioloski Glasnik, 21: 157-201.
- Giangrande A., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Sabellidae Malmgren, 1867. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B, 96: 153-189.
- Giraud G., 1977. Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile. Bot. Mar., 20: 487-491.
- Gravina M.F. & Somaschini A., 1990. Censimento dei policheti dei mari italiani: Capitellidae Grube, 1962. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B, 97: 259-286.
- Hallegraeff G. M. & Hara Y., 1995. In: Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC Manual and Guide No. 33. UNESCO.
- 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.
- Kruskal J.B., 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. Psychometrika, 29: 1-27.
- Lardicci C., 1989. Censimento dei policheti dei mari italiani: Spionidae Grube, 1950. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B, 96: 121-152.
- Lebart L., 1975. Validité des resultats en analyse des données. Centre de Recherches et de Documentation sur la Consommation, Paris, L.L./cd 4465: 1-157.



- Lee R.E., 1999. Phycology. Cambridge University press
- Magazzù G., 1978. Metodi per lo studio del plancton e della produzione primaria. Edizioni GM.
- Margalef R., 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst., 3: 36-71.
- Meinesz A. & Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de Posidonia oceanica dans les Alpes Maritimes - France. Campagne Poseidon 1976. Bot. Mar., 21 (8): 513-526.
- Melley A., Iozzelli M., 2001. Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana.
- Mendia L., 1977. La protezione delle acque dagli inquinamenti, Istituto di ricerca sulle acque, CNR, Roma.
- Metodologia de las redes de control de aguas litorales (RAL). Interreg II C. Mediterranea Occidental, Barcellona, 28/29/30 Novembre 2001.
- Miller J. N., Miller J., 2000. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Prentice Hall.
- Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds.), 1995. Checklist delle specie della fauna italiana. Vol. 13, 14, 15, 17, 19. Calderini, Bologna.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Servizio Difesa Mare, ICRAM, ANPA, 2002. Metodologie analitiche di riferimento; programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003).
- Möbius K., 1877. Die Auster und die 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.
- Nordsieck F., 1968. Die europäische Meeres-Gehäuseschnecken (Prosobranchia). Fischer Verl. Stuttgart: 327 pp.
- Parenzan P., 1970. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. primo Gasteropodi). Bios Taras, Taranto: 1-283.
- Parenzan P., 1974. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. secondo Bivalvi, prima parte). Bios Taras, Taranto: 1-277.
- Parenzan P., 1976. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo (Vol. secondo Bivalvi, seconda parte). Bios Taras, Taranto: 283-546.
- Pellegrini D., Onorati F., Virno Lamberti C., Merico G., Gabellini M., Ausili A., 2002. Aspetti tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini: Dragaggi Portuali. Quaderno ICRAM n. 1: 201 pp.
- Pérès J. M. & Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 31 (47): 5-137.
- Pergent G., Chessa L.A., Cossu A., Gazale V., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 1995. Aménagement du littoral: apport de la cartographie benthique. Res Mediterranea, 2.
- Petersen C.G.J., 1918. The sea bottom and its production of fish food. København Ber. Biol. Stat., 26: 1-62.
- Pickard G. L., Emery W. J., 1990. Descriptive Physical Oceanography.



- Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- Qualità delle acque di balneazione 1999. Sistema Informativo Sanitario. Ministero della Sanità.
- Qualità delle acque di balneazione 2000. Sistema Informativo Sanitario. Ministero della Sanità.
- Rampi L., Bernhard M., 1978a. Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee. C.N.E.N. RT/BIO (80) 8.
- Rampi L., Bernhard M., 1978b. Key for the determination of Mediterranean pelagic diatoms. C.N.E.N. RT/BIO (78) 1.
- Rampi L., Bernhard M., 1981. Chiave per la determinazione delle coccolitoforidee mediterranee. C.N.E.N. RT/BIO (81) 13.
- Regione Toscana – ARPAT, 2001. Rapporto sulla depurazione delle acque reflue urbane in Toscana. A cura di M. Mazzoni. Firenze, 223 pp.
- Regione Toscana – ARPAT, 2001. Rapporto sullo stato delle acque 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) 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 Phytoplancton Marin. Volume I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées et Raphidophycées*. Edition du CNRS.
- Streble H., Krayter D., 2002. *Atlante dei microrganismi acquatici*. Franco Muzzio Editore.
- Tebble N., 1976. *British Bivalve seashells (A handbook for identification)*. Royal Scottish Mus.: 212 pp.
- Thomas R.C., 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press.
- Todd C. D., Laverack M. S., Boxshall G. A., 1996. *Coastal Marine Zooplankton (second edition)*. Cambridge University Press.
- Tortonese E., 1965. Echinodermata. *Fauna d'Italia*, Calderini Ed., 6: 422 pp.
- Tregouboff G., Rose M., 1978. *Manuel de Planctologie 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.

