



# MONITORAGGIO ACQUE MARINO COSTIERE DELLA TOSCANA

Attività di monitoraggio 2016  
e proposta di classificazione

Area Vasta Costa – Settore Mare

REPORT

MARE 

## **Monitoraggio acque marino costiere della Toscana**

### **Attività di monitoraggio 2016**

A cura di:

*Romano Baino*

ARPAT – Area Vasta Costa Settore Mare

Autore:

*Daniela Verniani e Cecilia Mancusi (Posidonia oceanica)*

ARPAT – Area Vasta Costa Settore

Collaboratori:

#### **Sopralluoghi e parametri chimico fisici**

*Riccardo Biancalana, Francesco Lavista, Enrico Cecchi, Michela Ria, Cecilia Mancusi - ARPAT*  
Area Vasta Costa Settore Mare

#### **Sorting macrozoobenthos**

*Riccardo Biancalana - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare*

#### **Analisi fitoplancton**

*Daniela Verniani - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare*

#### **Analisi del *Posidonia oceanica***

*Cecilia Mancusi - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare*

#### **Analisi del macrozoobenthos**

ARPAT – Laboratorio Area Vasta Costa – Biologia

#### **Analisi nutrienti, granulometria, determinazione microinquinanti, TOC**

ARPAT – Laboratori Area Vasta Costa Chimica I e II e Area Vasta Centro

Si ringrazia Antonio Melley per il contributo alla stesura di questo rapporto annuale

© ARPAT 2017

# Indice generale

<b>1. Sintesi.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Introduzione.....</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Stato ecologico: elementi di qualità biologica</i>	9
2.2. <i>Stato chimico</i>	11
<b>3. Struttura delle rete di monitoraggio.....</b>	<b>12</b>
<b>4. Risultati e classificazione.....</b>	<b>14</b>
4.1. <i>Stato ecologico</i>	14
4.1.1 <i>Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a.....</i>	14
4.1.2 <i>Macrozoobenthos.....</i>	18
4.1.3 <i>Macroalghe.....</i>	19
4.1.4 <i>Posidonia oceanica.....</i>	19
4.1.5 <i>Elementi di qualità fisico-chimica a sostegno e idromorfologici.....</i>	26
4.1.6 <i>Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità.....</i>	30
4.2. <i>Stato chimico</i>	32
4.2.1 <i>Sostanze appartenenti all'elenco di priorità.....</i>	32
4.2.2 <i>Sostanze chimiche tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015: sedimenti.....</i>	36
4.2.3 <i>Biota.....</i>	37
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>39</b>
5.1. <i>Stato Ecologico: risultati provvisori relativi al I anno del triennio 2016-2018</i>	39
5.2. <i>Stato Chimico: risultati provvisori relativi al I anno del triennio 2016-2018</i>	41

## 1. SINTESI

Il monitoraggio delle acque marino-costiere effettuato da ARPAT è disciplinato dalla normativa<sup>1</sup> di recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE.

La rete di monitoraggio è stata pianificata in accordo con la Regione Toscana e al momento comprende, per ciascun corpo idrico, uno o più siti di campionamento, per un totale di 19 stazioni

I campionamenti sono effettuati tramite il battello Poseidon, utilizzato per raccogliere campioni di acqua e sedimento per le successive analisi, oltre che come imbarcazione di appoggio per rilievi subacquei sui popolamenti a macroalghe e sulle praterie di *Posidonia oceanica*.

In ciascuna stazione viene monitorato, secondo i parametri definiti dalla norma e descritti nei paragrafi successivi, lo stato di qualità ambientale:

- **STATO ECOLOGICO:** descrive la qualità delle acque sulla base dello *status* di diversi elementi biologici (fitoplancton, macroalghe, *Posidonia oceanica*, macrozoobenthos), del livello trofico delle acque (indice TRIX) e della presenza di sostanze chimiche non prioritarie nelle acque (tabella 1/A “*standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua e nel biota per le sostanze dell'elenco di priorità*” del D.Lgs. 172/2015). I possibili livelli di classificazione sono 5, in ordine decrescente di qualità ambientale: “Elevato”, “Buono”, “Sufficiente”, “Scarso”, “Cattivo”.
- **STATO CHIMICO:** descrive la qualità delle acque in base alla presenza di sostanze chimiche prioritarie nelle acque e nei sedimenti (tabelle 1/A e 2/A del D.Lgs. 172/2015), oltre che negli organismi bioaccumulatori (mitili). I possibili livelli di classificazione sono 2: “Buono” o “Non buono”.

### Risultati del monitoraggio 2016

Come previsto dal DM 260/2010 al punto A.2.6. si è provveduto alla definizione dello stato chimico di qualità ambientale dei corpi idrici in base alla matrice acquosa.

**Stato ecologico** – Il giudizio sulla qualità ecologica risulta **BUONO** per tutti i corpi idrici indagati nel 2016 fatta eccezione per **Costa Pisana** a causa di elevati valori di biomassa fitoplanctonica e TRIX. Per questo corpo idrico il giudizio è **SUFFICIENTE**

**Stato chimico** – Risulta il mancato conseguimento dello stato buono per tutte le stazioni monitorate fatta eccezione per il corpo idrico **Arcipelago Isole Minore**. Il basso livello di qualità ambientale è legato alle

<sup>1</sup>parte III del D.Lgs 152/06 e successive modifiche ed integrazioni, DM 131/08, DGRT 100/10

alte concentrazioni di Tributilstagno (TBT) e nel caso del corpo idrico Costa di Rosignano anche al mercurio. Inoltre, il biota presenta superamenti dello standard ambientale per il mercurio nelle stazioni di Cala di Forno e Porto Santo Stefano.

Pur non essendo stata considerata ai fini della classificazione dei corpi idrici, l'analisi dei sedimenti ha rivelato diverse anomalie nella concentrazione di mercurio e cadmio.

Con l'applicazione del DGRT 1273/2016, la concentrazioni di mercurio nei sedimenti risulta essere oltre lo standard ambientale nella zona di Antignano e Rosignano; inoltre Antignano e Porto Santo Stefano presentano concentrazioni superiori agli standard ambientali per quanto riguarda il cadmio.

In generale, è presumibile che una parte delle anomalie dovute alla concentrazione dei metalli presenti nei sedimenti sia riconducibile a inquinamento di tipo antropico, in particolare nelle aree di Rosignano e Antignano interessate, direttamente o indirettamente, da una contaminazione storica dovuta allo scarico dell'insediamento produttivo Solvay, a causa delle correnti prevalentemente verso nord.

*Classificazione dello stato chimico ed ecologico delle acque marino costiere in base alla matrice acqua*

Corpo idrico	2016	
	Stato chimico	Stato ecologico
Costa Versilia	NB	B
Costa del Serchio	NB	B
Costa Pisana	NB	S
Costa Livornese	NB	B
Costa del Cecina	NB	B
Costa Piombino	NB	B
Costa Follonica	NB	B
Costa Punt'Ala	NB	B
Costa Ombrone	NB	B
Costa dell'Uccellina	NB	B
Costa Albegna	NB	B
Costa dell'Argentario	NB	B
Costa Burano	NB	B
Arcipelago Isola d'Elba	NB	B
Arcipelago Isole Minori	B	B

**Legenda:**

**Stato chimico**

BUONO	B
NON BUONO	NB

**Stato ecologico**

ELEVATO	E
BUONO	B
SUFFICIENTE	S
SCARSO	SC
CATTIVO	C

## 2. INTRODUZIONE

La Direttiva Europea 2000/60/CE (*Water Framework Directive, WFD*), recepita a livello nazionale dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e dal D.Lgs. 30/2009, ha istituito un quadro di riferimento per l'azione comunitaria in materia di tutela quali-quantitativa delle acque al fine di realizzare una politica sostenibile a lungo termine per l'uso e la protezione di tutte le acque interne (superficiali e sotterranee), di transizione e marino costiere. In sintesi la Direttiva si propone di:

- mantenere il buono stato delle acque;
- prevenire il loro ulteriore deterioramento;
- proteggere e migliorare le condizioni degli ecosistemi acquatici, delle zone umide che dipendono direttamente da questi e dagli ecosistemi terrestri, in considerazione della loro necessità di acqua.
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici e sostenere la biodiversità delle comunità animali e vegetali.

Per stabilire lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici e valutare il raggiungimento o meno del buono stato ambientale, le autorità competenti devono pertanto attuare programmi di monitoraggio in modo tale da poter mettere in atto le contromisure necessarie al raggiungimento dell'obiettivo dato dalla Direttiva.

Il D.Lgs. 152/2006 dà mandato alle Regioni di attuare il monitoraggio dei corpi idrici, attività che rappresenta uno strumento utile e necessario per, da un lato conoscere lo stato della risorsa idrica, dall'altro fornire un supporto alla pianificazione a livello territoriale di azioni di risanamento. Il monitoraggio inoltre consente di verificare nel tempo se le misure adottate sono state efficaci o meno.

Ad ARPAT, in quanto ente tecnico di supporto alla Regione Toscana, è stato affidato il compito di svolgere le attività di monitoraggio dello stato della qualità ambientale dei corpi idrici.

Con il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. vengono definite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici: in particolare, per le acque marino costiere, sono previsti vari elementi per la definizione dello Stato Ecologico e contaminanti inorganici/organici nella matrice acqua per la definizione dello Stato Chimico. Il successivo D.M. 56/2009 definisce i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento e, in All.1, le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico. Infine nel successivo DM 260/2010, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, sono definite le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio. Successivamente, in attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica

le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie, lo stato italiano ha emanato il D.Lgs. 172/15.

Con la DGRT 416/2009, in attuazione del DM 131/2008, furono indicati, lungo la fascia marino costiera continentale e insulare della Toscana, 14 corpi idrici mentre, dal punto di vista idrologico, l'analisi della stabilità della colonna lungo tutta la costa ha dato un unico risultato indicando un **macrotipo 3, Bassa Stabilità**, ovvero tutta la zona è caratterizzata da siti costieri non influenzati da apporti d'acqua dolce continentale.

Per l'elaborazione dell'analisi di rischio, ARPAT ha individuato indicatori di pressioni diffuse e puntuali significative per tutte le categorie di acque individuate dalla direttiva 2000/60CE: successivamente, sono stati elaborati indicatori di stato correlabili agli indicatori di pressione per le stazioni e/o corpi idrici del monitoraggio ambientale effettuato precedentemente ai sensi del D.Lgs. 152/1999, e indicatori di pressione per gli areali di riferimento delle stazioni o corpi idrici.

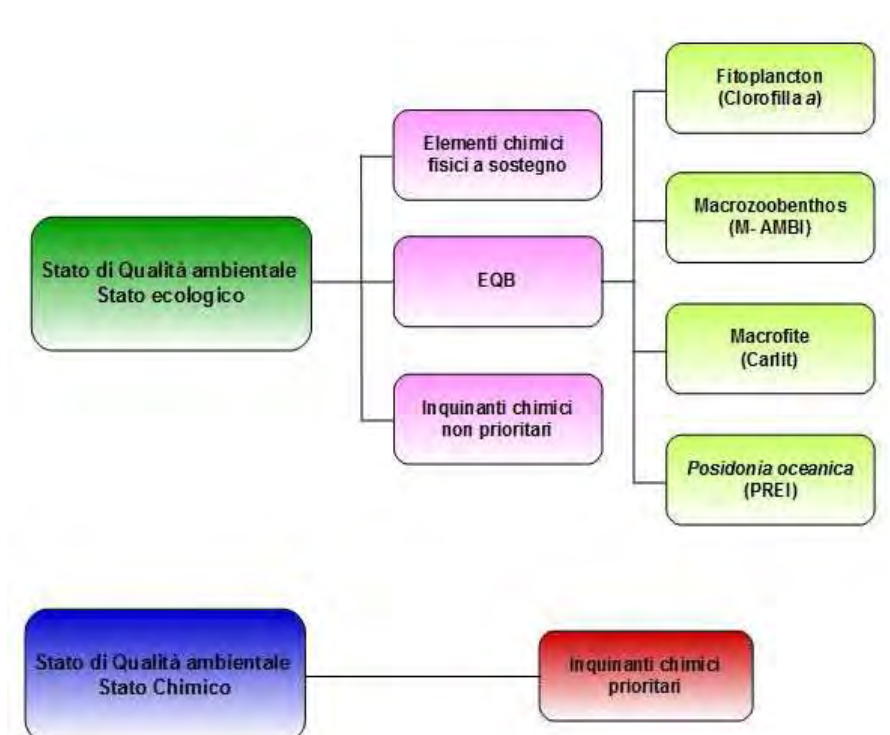
La Regione Toscana, con la DGRT 100/2010 ha approvato una prima rete di monitoraggio dei corpi idrici toscani ai sensi della Direttiva Europea, aggiornandola, relativamente ai corpi idrici marino costieri, una prima volta con la DGRT 550/2014 e successivamente con la DGRT 608/2015, che, attualmente, prevede il monitoraggio di 16 corpi idrici con 19 stazioni.

Considerato che, tra 2010 e 2013, era stata rilevata la presenza di sostanze in concentrazioni superiori ai limiti previsti per il conseguimento del buono stato chimico e/o ecologico, la Regione Toscana ha chiesto ad ARPAT di verificare l'origine di dette alterazioni attraverso uno "*Studio per la definizione dei Valori di Fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marino costiere*" (DGRT 831/2013; DGRT 1075/2013; DDRT 2512/2014). I risultati dello studio di ARPAT sono stati recepiti con DGRT 1273/2016 ed utilizzati per modificare gli standard di qualità ambientale stabiliti dalle tabelle 1/A e 1/B, come previsto al punto 7 del capoverso A.2.8 Allegato 1 alla parte III del D.Lgs. 152/06. Però, a questa delibera è stata allegata la tabella dei valori di fondo del "Rapporto finale" di ARPAT (allegato A alla DGRT 1273/2016) senza le correzioni ed integrazioni riportate nell'Appendice, pur essendo stati consegnati entrambi i documenti alla Regione. Di conseguenza, in attesa di una modifica alla DGRT 1273/2016, ai fini della valutazione dello stato chimico e ecologico, è stata utilizzata la tabella aggiornata e completa, che, in modo da avere un quadro generale completo.

***La classificazione dei corpi idrici costieri viene determinata in base allo stato ecologico, secondo le indicazioni del D.M. 260/2010 e le successive modifiche apportate dalla Decisione della Commissione Europea 2013/480/UE e allo stato chimico in base a quanto stabilito dal D.Lgs 172/2015 e alla DGRT 1273/2016.***

In Figura 2.1 viene schematizzato il percorso che porta alla determinazione degli Stati di Qualità ambientale Ecologico e Chimico.

**Figura 2.1 - Classificazione dei corpi idrici**





## 2.1. Stato ecologico: elementi di qualità biologica

La classificazione dello stato ecologico viene determinata al termine di un ciclo triennale di campionamenti per il monitoraggio operativo e definita tramite la valutazione di:

- elementi di natura biologica
  - fitoplancton,
  - macrozoobenthos,
  - macrofite
  - angiosperme (*Posidonia*),
- inquinanti chimici non prioritari
- elementi chimico fisici e idromorfologici a supporto.

**Biomassa fitoplanctonica** – Viene stimata in funzione della quantità di clorofilla *a* misurata in superficie. In questo occorre fare riferimento sia ai rapporti di qualità ecologica (RQE) ma anche ai valori assoluti, espressi in mg/m<sup>3</sup> di concentrazione di clorofilla *a*. Secondo questo EQB la classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico deve tener conto, per il confronto con i valori della tabella, della variazione, in un periodo di almeno un anno, della clorofilla *a*.

**Macrozoobenthos** – Per i macroinvertebrati bentonici si applica l'Indice M-AMBI: questo è un indice multivariato che deriva da una evoluzione dell'AMBI integrato con l'Indice di diversità di Shannon-Wiener ed il numero di specie (S). La modalità di calcolo dell'M-AMBI prevede l'elaborazione delle suddette 3 componenti con tecniche di analisi statistica multivariata. Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Ogni corpo idrico viene esaminato con cadenza triennale.

**Macrofite** – Il metodo da applicare per la classificazione del EQB macroalghe è il CARLIT (CARtografia LITorale). Il metodo prende in considerazione le comunità superficiali di macroalghe del substrato roccioso che, rispondendo in tempi relativamente brevi a cambiamenti delle condizioni ambientali, sono adatte al monitoraggio dello stato ecologico delle acque marine. La frequenza è triennale.

***Posidonia oceanica*** (Angiosperme) – Il giudizio di qualità ecologica per la prateria a *Posidonia oceanica* è calcolato mediante l'indice ecologico PREI (Posidonia Rapid Easy Index), che integra a livello informativo gli effetti di differenti cause riconducibili agli impatti delle attività antropiche quali le alterazioni fisiche, chimiche e biologiche, indotte da agenti inquinanti nelle acque e nei sedimenti, o da significative alterazioni fisico-morfologiche del tratto costiero (Gobert *et al.*, 2009). L'indice viene calcolato elaborando i dati

relativi ai seguenti parametri: densità foliare per fascio, biomassa degli epifiti, biomassa foliare, profondità e tipologia del limite inferiore. Il valore del PREI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica (RQE). Lo stato cattivo corrisponde ad una recente non sopravvivenza di *P. oceanica*, ovvero, alla sua scomparsa da meno cinque anni.

**Una volta analizzati questi elementi biologici e calcolati i loro indici, si procede ad assegnare una prima classificazione che dovrà essere confermata o modificata in peggio, tramite l'utilizzo degli elementi di qualità fisico-chimica e degli inquinanti chimici non prioritari.**

**Elementi chimico fisici a sostegno** – Nell'ambito delle acque marino costiere gli **elementi di qualità fisico-chimica**, quali ossigeno disciolto, nutrienti, concorrono alla definizione dello stato ecologico stesso, mentre gli **elementi idromorfologici** (regime correntometrico, esposizione moto ondoso, profondità e composizione del substrato) devono essere utilizzati per migliorare l'interpretazione dei risultati.

La **temperatura** e la **salinità** contribuiscono alla definizione della densità dell'acqua di mare e, quindi, della stabilità, parametro su cui è basata la tipizzazione su base idrologica. Dalla stabilità della colonna d'acqua discende la tipo-specificità delle metriche e degli indici utilizzati per la classificazione degli EQB.

La **trasparenza**, misurata tramite Disco Secchi, è impiegata come elemento ausiliario per integrare e migliorare l'interpretazione del monitoraggio degli EQB, in modo da pervenire all'assegnazione di uno stato ecologico certo. Al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marino costieri e per segnalare eventuali scostamenti significativi di trofia in aree naturalmente a basso livello trofico, viene utilizzato l'**indice trofico TRIX**, una combinazione di ossigeno in saturazione, clorofilla *a* e nutrienti. Il giudizio espresso per ciascun EQB deve essere coerente con il limite di classe di TRIX: in caso di stato ecologico "buono" il corrispondente valore di TRIX deve essere minore della soglia macrotipo-specifica (nel caso delle coste toscane questo valore è 4,0).

$$\text{Indice trofico TRIX} = (\text{Log}(\text{Chl } a \cdot |\text{OD\%}| \cdot N \cdot P) - (-1,5)) / 1,2$$

Dove:

*Chl a* = Clorofilla "a" in µg/L

*OD%* = percentuale di ossigeno disciolto espresso come valore assoluto della saturazione

*N* = azoto solubile (*N-NO<sub>3</sub>*, *N-NO<sub>2</sub>*, *N-NH<sub>3</sub>*) in µg/L

*P* = fosforo totale.

**Inquinanti chimici non prioritari** – Il D.Lgs. 172/2015 sostituisce la tabella 1/B del DM 260/2010 con una tabella analoga che aggiorna le sostanze da ricercare, aggiungendo in particolare 5 composti perfluorurati, i cui SQA saranno applicati a partire da dicembre 2018 al fine del raggiungimento del buono stato ecologico entro il 22 dicembre del 2027. La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici viene effettuata sulla base della tabella 4.5/a del DM 260/2010, modificata con il D.Lgs. 172/2015 che definisce Buono lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB quando la *“media delle concentrazioni di una sostanza chimica, monitorata nell’arco di un anno, è conforme allo Standard di Qualità Ambientale (SQA) di cui alla tab. 1/B, lettera A.2.7....”*.

## 2.2. Stato chimico

Il D.Lgs. 172/2015, al fine della classificazione delle acque superficiali, prevede che il monitoraggio chimico venga eseguito nella colonna d'acqua e nel biota. Per questo anno di attività la classificazione si baserà quasi esclusivamente sugli esiti delle analisi condotte sulla colonna d'acqua poiché le linee guida per il monitoraggio del biota (Linee Guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie - secondo il D.Lgs. 172/2015) sono state pubblicate nell'ottobre del 2016. Le sostanze da ricercare in entrambe le matrici sopraindicate e i relativi standard ambientali sono riportate nella tabella 1/A del D.Lgs. 172/2015.

Le regioni e le provincie autonome possono utilizzare, limitatamente alle sostanze riportate nella tabella 2/A, la matrice sedimento al fine della classificazione dei corpi idrici marino costieri e di transizione.

### **3. STRUTTURA DELLE RETE DI MONITORAGGIO**

Da un punto di vista morfologico la Toscana (A.A.V.V., 2006) su 442 km di litorale, presenta 243 km di coste alte e 199 km di coste basse.

I tratti critici in erosione sono:

- a Nord di Marina di Massa;
- a Nord dell'Arno;
- a Sud del Cecina;
- nelle coste basse tra S. Vincenzo e Punta Ala;
- in coincidenza con le foci di Ombrone e Bruna;
- a Nord della foce del torrente Chiarone.

Le coste alte e rocciose (morfotipo a falesia) sono molto diffuse nella zona a Sud di Livorno (da Calafuria a Quercianella), nei promontori di Piombino, di Punta Ala, dell'Argentario, (da Cala di Forno - Parco dell'Uccellina a Talamone) e nelle isole dell'Arcipelago Toscano (Capraia, Elba, Giglio, Gorgona e Montecristo).

Le coste basse sono a litorale dritto, brevi tratti a litorale stretto o di delta (foci dell'Arno e dell'Ombrone). Nel retrospiaggia in zone non antropizzate sussistono cordoni di duna talvolta soggetti a fenomeni erosivi.

La pendenza del fondale marino per le coste basse nel tratto dalla battigia fino alla isobata di 5m è circa dell'1%, mentre in presenza di coste alte la pendenza aumenta sino al 4% (Ferretti e al., 2003). Cordoni e barre sottomarine sono presenti, in particolare, nella Toscana meridionale. In corrispondenza dell'Ombrone e del Serchio vi sono barre di foce fluviale.

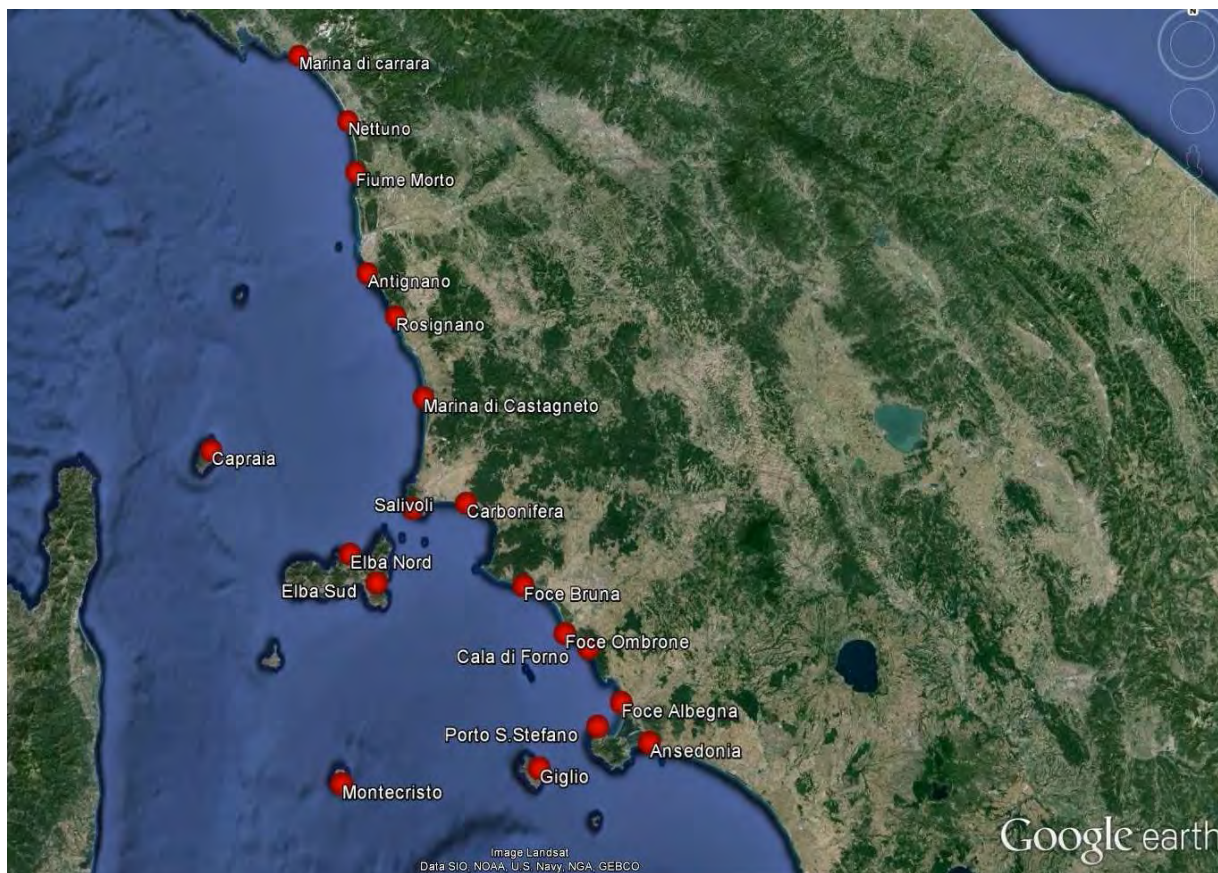
Nella costa toscana il trasporto solido netto lungo riva è diretto principalmente verso sud: esistono però dei tratti - come alla foce dell'Arno fino a Forte dei Marmi, tra Vada e la foce del Cecina e tra Follonica e la foce dell'Ombrone - in cui questo trasporto va verso nord.

L'apporto solido è considerato grossolano per i fiumi Ombrone ed Arno e fine per gli altri corsi d'acqua.

Il monitoraggio viene effettuato su 16 corpi idrici corrispondenti a 19 aree di campionamento: le aree monitorate, suddivise per corpo idrico e le relative stazioni rappresentative sono riportate in Figura 3.1.

Per le coordinate dei punti di campionamento relative alle singole matrici indagate, si rimanda alla DGRT 608/2015

**Figura 3.1** - Stazioni di monitoraggio dei corpi idrici marino costieri



<b>Costa Versilia</b>	Marina di Carrara	<b>Costa Follonica</b>	Carbonifera
<b>Costa del Serchio</b>	Nettuno	<b>Costa del Bruna</b>	Foce Bruna
<b>Costa Pisana</b>	Fiume Morto	<b>Costa Ombrone</b>	Foce Ombrone
<b>Costa Livornese</b>	Antignano	<b>Costa dell'Uccellina</b>	Cala di Forno
<b>Costa di Rosignano</b>	Rosignano	<b>Costa Albegna</b>	Foce Albegna
<b>Costa del Cecina</b>	Mar. Castagneto	<b>Costa Argentario</b>	Porto S. Stefano
<b>Costa Piombino</b>	Salivoli	<b>Costa Burano</b>	Ansedonia
<b>Arcipelago Isola d'Elba (AIE)</b>	Elba Nord (Portoferraio) Elba Sud (Mola)	<b>Arcipelago Isole Minori (AIM)</b>	Giglio Montecristo Capraia

Tutte le indagini sono state effettuate tramite l'utilizzo del battello Poseidon, indispensabile per il prelievo sia dei campioni di acqua che di sedimento, sia dei parametri biologici, costituendo la base di appoggio per gli operatori subacquei.

## 4. RISULTATI E CLASSIFICAZIONE

### 4.1. Stato ecologico

#### 4.1.1 *Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a*

L'analisi dei popolamenti fitoplanctonici permette di valutare la produttività primaria delle acque marine costiere poiché le abbondanze di questi microrganismi vegetali influiscono anche su parametri di natura chimico fisica quali ossigeno disciolto, pH e trasparenza delle acque. La concentrazione fitoplanctonica presenta notevoli variazioni stagionali dovute essenzialmente alla diversa radiazione luminosa, alla disponibilità delle sostanze nutritive, in particolare azoto e fosforo, e alle competizioni biologiche.

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono state indagate con frequenza di campionamento bimestrale, per un totale di 92 campioni.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton prevede le seguenti valutazioni:

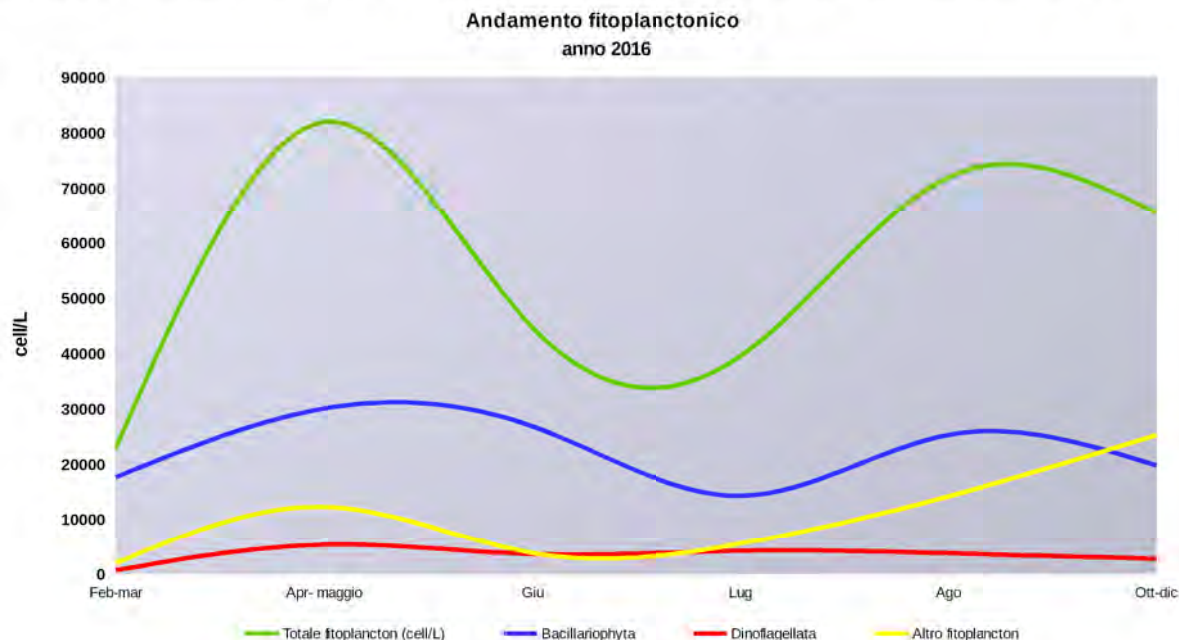
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di diatomee;
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di dinoflagellati;
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di “altro fitoplancton”

“*Altro fitoplancton*” è il termine con cui si indica il fitoplancton marino appartenente ai *taxa* delle Chlorophyta, Chrysophyceae, Cyanophyceae, Cryptophyceae, Dictyophyceae, Ebriidea, Euglenophyceae, Prymnesiophyceae, Raphidophyceae e Altro Fitoplancton indeterminato: tutti questi raggruppamenti insieme rappresentano una frazione elevata della popolazione microalgale totale che, in determinate occasioni, può generare fioriture con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

L'analisi dei campioni è stata effettuata utilizzando il metodo di Uthermöhl, con volumi di sedimentazione in genere di 25-50 ml (raramente e solo per le stazioni di Nettuno e Fiume Morto sono state usate camere da 10 ml); per la lettura è stato utilizzato un microscopio rovesciato con contrasto di fase Zeiss Axiovert 25 ad ingrandimento 400X.

Nella Figura 4.1, nella quale è riportato l'andamento della densità media fitoplanctonica per l'anno 2016 per le coste toscane, si evidenziano due picchi, uno primaverile e uno a fine estate -inizio autunno, in relazione alla maggiore disponibilità di nutrienti dovuta al rimescolamento delle masse di acqua. Le curve relative al fitoplancton totale e alle Bacillariophyta hanno lo stesso andamento, indicando che il popolamento fitoplanctonico è essenzialmente costituito da questo raggruppamento microalgale.

Figura 4.1 - Andamento della densità fitoplanctonica lungo le coste della Toscana: anno 2016



**Bacillariophyta** - I corpi idrici posti a nord di Livorno presentano una concentrazione del fitoplancton più alta rispetto agli altri durante tutto l'anno in esame. In particolare le stazioni rappresentative dei corpi idrici Costa del Serchio (Nettuno) e Costa Pisana (Fiume Morto) sono caratterizzate da un andamento che si discosta da quello degli altri corpi idrici con la presenza di un unico picco nei mesi di giugno/luglio. Questo unico picco in entrambi i casi è dovuto a un'importante fioritura di diatomee in particolare a *Skeletonema pseudocostatum* ( $2,7 \times 10^6$  cell/L) nel caso di Nettuno, e *S. pseudocostatum* ( $1,7 \times 10^6$  cell/L) e *Chaetoceros wighamii* ( $1,1 \times 10^6$  cell/L) nel caso di Fiume Morto.

Nelle stazioni settentrionali, come già evidenziato anche negli anni passati, predominano specie appartenenti ai generi *Chaetoceros* (*C. curvisetus* e *C. socialis*, *C. wighamii*) e *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex, mentre nella zona meridionale predominano *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus* e *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex.

Il valore massimo di concentrazione registrato per le diatomee è di  $2,0 \times 10^7$  cell/L nella stazione di Nettuno (luglio); il minimo è stato  $2,7 \times 10^2$  cell/L a Elba Sud (agosto).

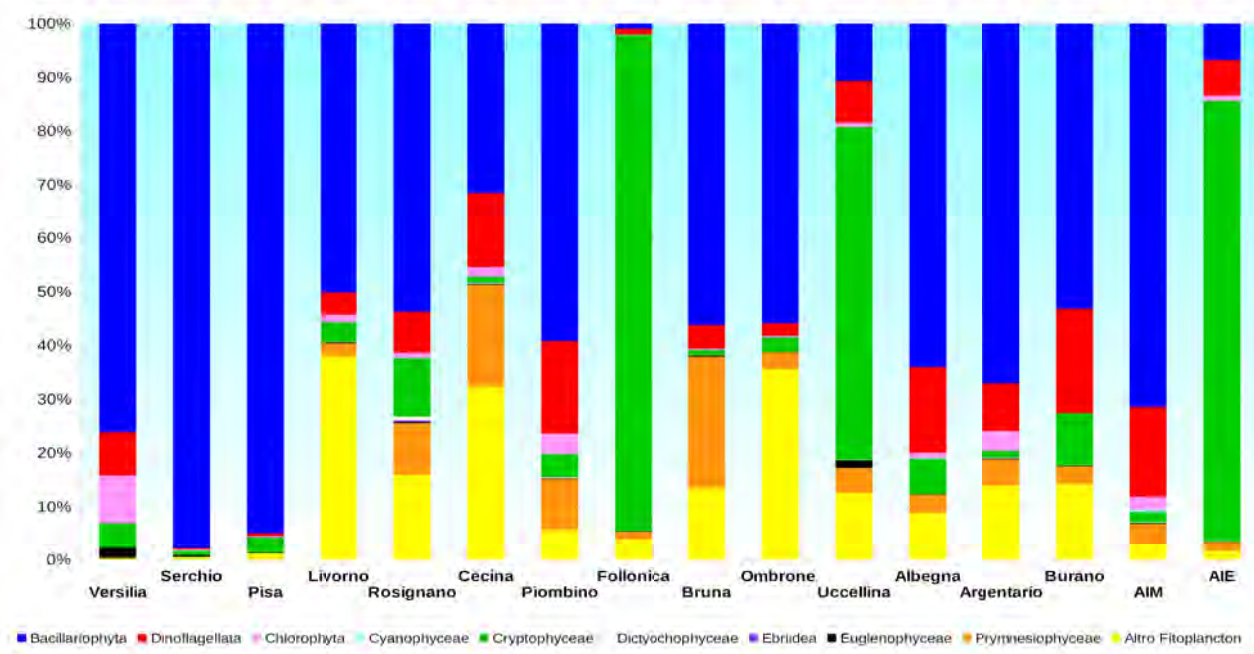
**Dinophyta** - I dinoflagellati presentano un andamento piuttosto uniforme nel corso dell'anno con due leggeri picchi in aprile/maggio e in luglio. I taxa più rappresentati sono le piccole forme di *Gymnodinium*, *Heterocapsa*, *Alexandrium*, *Prorocentrum*, soprattutto *P. triestinum*, e *Scrippsiella trochoidea*. La



concentrazione massima di dinoflagellati ( $2,2 \times 10^5$  cell/L) è stata rilevata ad aprile nella stazione di Marina di Carrara dovuta essenzialmente alla presenza di *Gymnodinium spp.*, *Prorocentrum triestinum* e *Scrippsiella sp.* mentre la minima,  $1,2 \times 10^2$  cell/L, a Foce Bruna a luglio.

**Altro fitoplancton** - Rispetto agli anni precedenti in cui era stata evidenziata come componente predominante dell'altro fitoplancton il raggruppamento delle Coccolitophyceae, il 2016 è caratterizzato dalla presenza di Cryptophyceae, in particolare del genere *Plagioselmis sp.*, e di piccoli flagellati non determinati con dimensioni inferiori a  $20\mu\text{m}$ . Questo raggruppamento è presente soprattutto nei corpi idrici di Costa Follonica e Arcipelago Isola d'Elba e Costa dell'Uccellina, costituendo la componente principale dell'intero popolamento. I cianobatteri sono abbondanti nella stazione di Nettuno in febbraio: le acque del Massaciuccoli, attraverso il Canale Burlamacca arrivano fino al mare portando con sé specie quali *Merismopedia tenuissima* e *Lyngbya limnetica* e altre cianophyceae filamentose tipiche di questo lago. La densità più alta di “altro fitoplancton” è stata evidenziata ad aprile in Costa Follonica (Carbonifera,  $3,3 \times 10^6$  cell/L), per la presenza di *Plagioselmis sp.*, mentre la più bassa nello stesso mese in Costa del Cecina (Marina di Castagneto,  $1,5 \times 10^2$  cell/L).

Figura 4.2 - Composizione in % su totale popolamento della comunità fitoplanctonica della Toscana anno 2016



Il popolamento fitoplanctonico costiero toscano è caratterizzato essenzialmente da Bacillariophyta soprattutto per quanto riguarda i corpi idrici della Toscana settentrionale, come si vede in Figura 4.2.



Rispetto agli anni precedenti, il 2016 è stato caratterizzato, soprattutto nei corpi idrici a Sud di Livorno, comprese il corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, da un'alta percentuale di altro fitoplancton indeterminato di piccole dimensioni, rappresentato da Coccolitophyceae e Cryptophyceae, queste ultime soprattutto abbondanti in Costa Follonica, Arcipelago Isola d'Elba e Costa dell'Uccellina.

La **biomassa fitoplanctonica** totale è espressa come mg/m<sup>3</sup> di clorofilla *a*, poiché è il pigmento più importante nei processi di fotosintesi clorofilliana (produzione primaria), sia in ambiente marino sia in quello terrestre, ed è, quindi, in stretta relazione con la quantità di organismi autotrofi (biomassa) presenti all'interno del corpo idrico monitorato.

Tabella 4.1 - Rapporto di qualità biologica relativi all'indice di biomassa fitoplanctonica (clorofilla *a*): anno 2016

Corpo idrico	Descrizione	Chl <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	EQR
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,7	1,29
Costa del Serchio	Nettuno	1,22	0,74
Costa Pisana	Fiume Morto	1,44	0,63
Costa Livornese	Antignano	0,52	1,74
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,37	2,43
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0,35	2,54
Costa Piombino	Salivoli	0,49	1,83
Costa Follonica	Carbonifera	1,04	0,86
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,18	5,07
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,34	2,66
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,29	3,11
Costa Albegna	Foce Albegna	0,32	2,82
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	0,18	4,96
Costa Burano	Ansedonia	0,41	2,2
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,61	1,48
	Elba Sud	0,22	4,03
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,5	1,8
	Montecristo	0,61	1,48

In generale i valori di clorofilla *a* non sono strettamente correlati con quelli di densità fitoplanctonica perché la semplice conta degli individui non fornisce informazioni effettive sulla biomassa: in altre parole una corrispondenza vera propria si potrebbe avere utilizzando il biovolume cellulare.

Lo stato di qualità di ogni stazione, relativo a un anno di riferimento, è dato dal 90°percentile, applicato dopo aver normalizzato i singoli dati tramite Log-trasformazione. I dati così elaborati indicano quanto già verificatosi negli anni passati ovvero le stazioni della Toscana sono per questo indice di qualità biologica tali da essere classificate in stato ecologico **ELEVATO**, tranne per le stazioni di Nettuno (Costa del Serchio) e Fiume Morto (Costa Pisana) che sono in stato **BUONO**.

Il valore definitivo per le varie stazioni sarà ottenuto alla termine del triennio 2016 – 2018.

#### 4.1.2 Macrozoobenthos

Le stazioni relative ai macroinvertebrati bentonici sono monitorate con una frequenza triennale, prelevando 3 repliche tramite la benna Van Veen (volume di 18 litri e superficie di presa di circa 0,1 m<sup>2</sup>).

Nel 2016 sono state campionate (tra 4 e 5 maggio) le 6 stazioni nella costa toscana meridionale: Foce Bruna, Foce Ombrone, Cala di Forno, Foce Albegna, Porto Santo Stefano e Ansedonia.

L'indice M-Ambi è stato calcolato utilizzando il programma AMBI 5.0 (AZTI Marine Biotic Index) e sulla base di una lista specie aggiornata a novembre 2014.

Il calcolo dell'indice M-AMBI indica (Tabella 4.2) che, delle 6 stazioni monitorate, 5 risultano in classe **ELEVATA**, mentre solo una, Porto Santo Stefano, ricade nello stato ecologico **BUONO**.

Tabella 4.2 - Granulometria del substrato e classe di qualità ecologica: anno 2016

Corpo idrico	Descrizione	Sabbia	Peliti	H'	S	M-AMBI	Stato
		tra 2 e 0,063 mm	≤ 0,063 mm				
Costa Punta Ala	Foce Bruna	91,1	8,9	4,52	48	0,93	<b>E</b>
Costa Ombrone	Foce Ombrone	89,4	10,6	2,59	51	0,83	<b>E</b>
Costa Uccellina	Cala di Forno	88,7	11,3	4,36	50	0,91	<b>E</b>
Costa Albegna	Foce Albegna	57,5	42,5	3,86	56	0,86	<b>E</b>
Costa dell'Argentario	Porto Santo Stefano	1,0	99	4,37	35	0,80	<b>B</b>
Costa Burano	Ansedonia	71,2	28,8	3,5	57	0,86	<b>E</b>

Oltre al prelievo per la determinazione tassonomica del macrozoobenthos, sono state prelevate aliquote per i dati granulometrici e per il carbonio organico totale (TOC): i valori di TOC nei sedimenti superficiali sono sempre risultati  $< 1\%$  s.s ed in tutte le stazioni campionate è assente la frazione granulometrica  $> 2$  mm.

#### 4.1.3 Macroalghe

Il campionamento di questa matrice è triennale e verranno effettuati tra il 2017 e il 2018.

#### 4.1.4 *Posidonia oceanica*

Come per il macrozoobenthos e le macrofite, la cadenza di questo campionamento è triennale e nell'anno 2016 sono state campionate, dal 20 giugno al 29 luglio, 5 stazioni per lo studio della *Posidonia oceanica*: Porto Santo Stefano, Giglio, Montecristo, Elba Nord e Elba Sud.

Oltre al prelievo di fasci di posidonia per le successive analisi fenologiche e lepidocronologiche, sono stati prelevate aliquote per i dati granulometrici e per il carbonio organico totale (TOC).

Le praterie sommerse di *Posidonia oceanica* costituiscono uno tra i popolamenti più studiati e più rappresentativi del piano infralitorale del Mediterraneo. *Posidonia oceanica*, specie endemica di questo mare, riveste un importante ruolo di protezione delle coste dall'erosione, stabilizzazione e consolidamento dei fondali, ossigenazione delle acque e contribuisce alla produzione ed esportazione di grandi quantità di materia vegetale. Inoltre, la sua notevole sensibilità ad ogni perturbazione naturale o artificiale in atto nell'ambiente la rende un ottimo indicatore biologico per determinare le qualità delle acque marine costiere.

Il campionamento per la stazione posta a 15 m include la definizione di 3 aree (400 m<sup>2</sup> circa ciascuna, distanziate di 10 m tra loro), in ciascuna delle quali sono state effettuate:

- repliche per le misure di densità
- repliche per i prelievi di fasci ortotropi
- raccolta di un campione di sedimento per la valutazione della granulometria
- stime relative a ricoprimento di *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*, % *Cymodocea nodosa*
- misure (opzionali) di intensità della luce e della temperatura
- misure (opzionali) di densità sul limite inferiore
- prelievo (opzionale) di 6 fasci al limite inferiore per analisi di lepidocronologia

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 metri, su substrato sabbioso. Tra questi parametri, la densità è l'unica misura che viene effettuata direttamente in mare, in immersione da parte degli operatori subacquei. La misura della densità è effettuata contando i fasci presenti all'interno di quadrati di 40x40 cm di lato. In particolare, per ciascun sito sono state identificate tre aree (A1, A2, A3), di circa 400 m<sup>2</sup> a 15 m di profondità, distanziate circa 10 m tra loro. In ciascuna area sono state eseguite cinque stime di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40x40 cm, per un totale di 15 repliche, e il prelievo di sei fasci ortotropi, per un totale di 18 fasci; i numeri di fasci per quadrato devono essere poi estrapolati al m<sup>2</sup>. Inoltre, sono state effettuate stime relative a: substrato; copertura di *P. oceanica* e *matte* morta (espressa in percentuale, *sensu* Buia et al., 2003); eventuale presenza di altre fanerogame e di alghe invasive. Inoltre, in corrispondenza del limite inferiore sono stati effettuati transetti orizzontali, allo scopo di rilevarne profondità e tipologia, *sensu* Pergent et al. (1995). I dati sono stati utilizzati per il calcolo dell'Indice di classificazione ecologica PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index) (Gobert et al., 2009) ai sensi del D.Lgs 152/06. L'indice multimetrico, il cui valore può oscillare tra 0 e 1, include il calcolo di cinque descrittori: la densità della prateria (fasci/m<sup>2</sup>); la superficie fogliare fascio, (cm<sup>2</sup>/fascio); il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg/fascio) e la biomassa fogliare fascio (mg/fascio); la profondità del limite inferiore e la tipologia del limite inferiore.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'analisi della posidonia nelle 5 stazioni indagate nel 2016 e in **Tabella 4.3** una sintesi dei risultati.

### **Costa Argentario – Porto Santo Stefano**

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo discontinua, pura su un substrato sabbioso; il ricoprimento è piuttosto alto pari a circa il 68%. La densità assoluta dei fasci risulta essere 360,8 (fasci/m<sup>2</sup>); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria in equilibrio (Densità Normale). I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 7; le foglie adulte hanno una lunghezza media di 76 cm circa, quelle intermedie di 37 cm e quelle giovanili di 1,8 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di 27 m circa e si presenta in espansione (codice 3, limite progressivo). La densità dei fasci è stimata in 145,8 (fasci/m<sup>2</sup>) e il ricoprimento di posidonia viva in circa il 70%. Anche il valore della densità calcolato a 27 m di profondità conferma la classificazione di prateria in equilibrio. Per questa stazione non si sono effettuate analisi di lepidocronologia su fasci prelevati lungo il limite inferiore.

Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,816** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **ELEVATA**.

### Arcipelago Isola d'Elba - Elba Nord

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo discontinua, pura su matite; il ricoprimento è pari a circa il 75 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere 421,2 (fasci/m<sup>2</sup>). I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 5; le foglie adulte hanno una lunghezza media di 52 cm circa, quelle intermedie di 35 cm e quelle giovanili di 1,7 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di 24 m circa e si presenta in regressione (codice -3). La densità dei fasci è stimata in 243,7 fasci/m<sup>2</sup> e il ricoprimento di posidonia viva, non molto alto, in circa il 55%. I valori di densità assoluta dei fasci, osservati sia nella stazione intermedia che in quella profonda, consentono di definire questa prateria “in equilibrio” (Densità Normale) (*sensu* Pergent et al., 1995, modificato da Buia et al., 2003).

I valori relativi alla lepidocronologia, effettuata per quest'area su 6 fasci prelevati in corrispondenza del limite inferiore (analisi facoltativa), hanno mostrato i valori più bassi delle tre stazioni in cui questa indagine è stata condotta (insieme cioè a Elba sud e Montecristo): una produzione annuale del rizoma pari a 28,3 mg/fascio·anno, un allungamento del rizoma di 4,2 mm/anno e un numero medio di foglie per fascio per anno di 7,5. La produzione del fascio per ogni anno è stata calcolata come 0,77 g/fascio·anno e l'età media del rizoma in meno di 3 anni (2,67).

Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato il più basso delle cinque stazioni indagate nel 2016, pari a **0,665** corrispondente ad una classe di qualità ecologica comunque **BUONA**.

### Arcipelago Isola d'Elba - Elba Sud

In corrispondenza della stazione intermedia (a 15 metri di profondità) la prateria di *P. oceanica* è di tipo continua, pura su sabbia; il ricoprimento è pari a circa l'85 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere circa 379,2 fasci/m<sup>2</sup>. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie inferiore a 5 (4,88); le foglie hanno una lunghezza media inferiore a quelle riscontrate nella stazione Elba Nord: 48 cm circa quelle adulte ed intermedie e 0,13 cm quelle giovanili.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di 24 m circa ed è di tipo netto. La densità dei fasci è stimata in 264,6 fasci/m<sup>2</sup> e il ricoprimento di posidonia viva in circa il 77%. I valori di densità assoluta dei fasci, osservati sia nella stazione intermedia che in quella profonda, consentono di definire la prateria anche in questa stazione “in equilibrio” (Densità Normale) (*sensu* Pergent et al., 1995, modificato da Buia et al., 2003). I valori relativi alla lepidocronologia, effettuata per quest'area su 6 fasci del limite inferiore, hanno mostrato una produzione annuale del rizoma pari a 67,8 mg/fascio·anno, un allungamento del rizoma di 5,8 mm/anno<sup>1</sup> e un numero medio di foglie per fascio per anno di 6,5 foglie/anno. La produzione del fascio per ogni anno è stata calcolata come 0,72 g/fascio·anno e l'età media del rizoma in più di 3 anni (3,33).

Anche il valore dell'indice PREI in questa stazione di campionamento non è risultato molto alto.

Il valore di **0,671** fa comunque ricadere la prateria nella classe di qualità ecologica **BUONA**.

Tabella 4.3 - Valori di alcuni parametri e dell'indice PREI calcolati nei siti indagati

Corpo idrico	Stazione	Parametri	Dati	PREI	
				EQR	Stato
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	Densità (fascio/m²)	360,83	0,816	E
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	319,50		
		Prof limite inf (m)	27,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	206,72		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1546,0		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	Densità (fascio/m²)	421,25	0,665	B
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	195,13		
		Prof limite inf (m)	25,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	97,42		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1164,07		
		Tipo di limite (λ) (*)	-3		
	Elba sud	Densità (fascio/m²)	379,17	0,671	B
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	219,48		
		Prof limite inf (m)	24,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	213,49		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1029,56		
		Tipo di limite (λ) (*)	0		
Arcipelago Isole Minori	Giglio	Densità (fascio/m²)	408,75	0,787	E
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	274,45		
		Prof limite inf (m)	28,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	104,61		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1355,23		
		Tipo di limite (λ) (*)	0		
	Montecristo	Densità (fascio/m²)	423.19	0.882	E
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	349.03		
		Prof limite inf (m)	31.0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	168.74		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1633.78		
		Tipo di limite (λ) (*)	0		
-3= limite regressivo; 0=limite netto; 3=limite progressivo o erosivo					

### **Arcipelago Isole Minori – Giglio**

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è pura su matte/sabbia con copertura elevata pari a circa il 90%. Non si è rilevata presenza di matte morta su superfici significative. La stima di densità risulta essere 408,7 (fasci/m<sup>2</sup>). Il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria in equilibrio (Densità Normale).

Il limite inferiore della prateria è stato indagato lungo un transetto orizzontale di circa 20-30 metri; risulta essere piuttosto frastagliato con una profondità massima di circa 30 metri caratteristica di acque trasparenti, secondo Pergent et al., 1995. Sul limite sono evidenti prolungamenti di prateria intervallati da aree a profondità leggermente inferiore (qualche metro) e assenza di matte morta. Non si evidenzia uno scalzamento dei rizomi sul limite, rimanendo questi piuttosto stabili e ancorati al substrato sabbioso. Tuttavia non sono stati riscontrati numerosi rizomi plagiotropi. In corrispondenza del limite, di tipo progressivo, la densità dei fasci è pari a 270,8 fasci/m<sup>2</sup>. Per questa stazione non si sono effettuate analisi di lepidocronologia su fasci prelevati lungo il limite inferiore.

Questa stazione (definito come sito di controllo) è stata campionata anche con lo scopo di verificare gli eventuali impatti del naufragio della Costa Concordia.

Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,787** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **ELEVATA**.

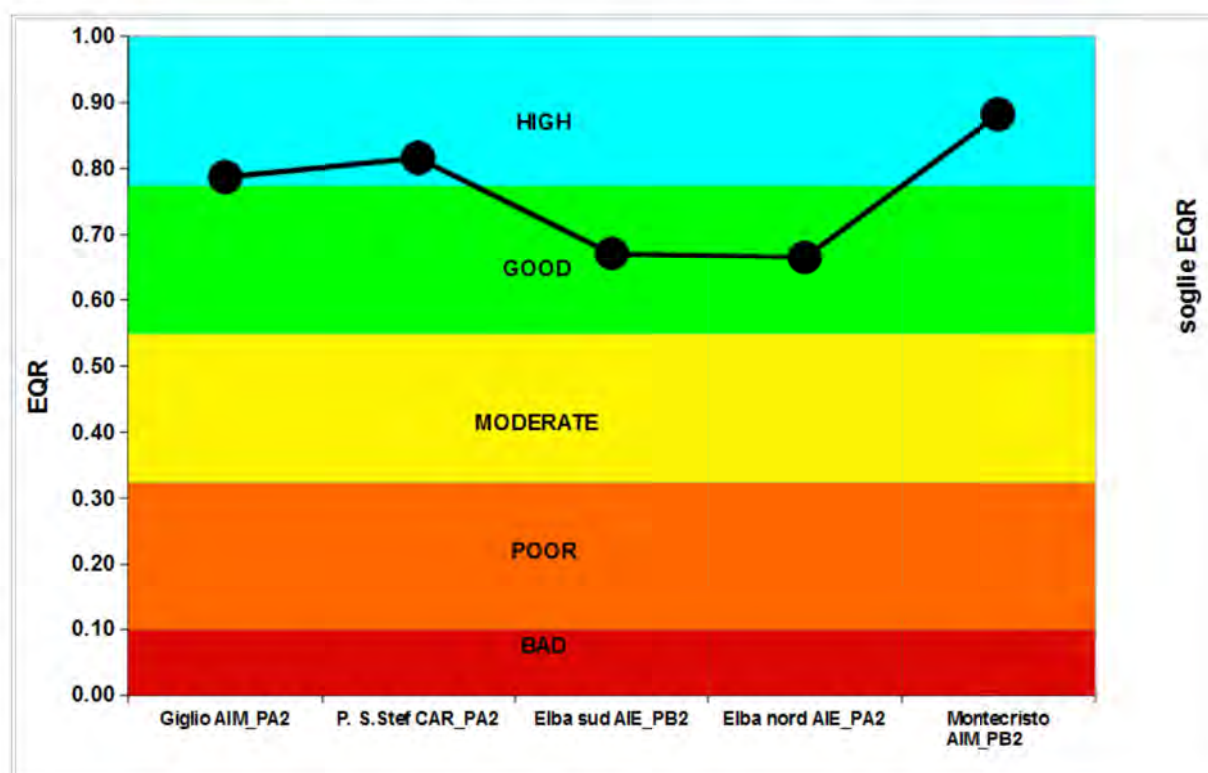
### **Arcipelago Isole Minori – Montecristo**

La prateria di *P. oceanica* dell'Isola di Montecristo si è rivelata essere la meglio conservata tra quelle indagate nel corso del 2016. La prateria è di tipo continua con un substrato di impianto rappresentato da matte. La densità, la più alta registrata, è di 423,2 fasci/m<sup>2</sup>. Le foglie, in numero medio di 4,67 per fascio, hanno una lunghezza notevole per quanto riguarda le foglie adulte (90,5 cm); le foglie intermedie sono mediamente lunghe 26 cm mentre le giovanili 1,3 cm. Il limite inferiore, di tipo netto, proprio perché su matte, è posizionato ad una profondità di 31 m e, secondo la scala della trasparenza dell'acqua in funzione della profondità media del limite inferiore, queste acque sono classificate come trasparenti (Pergent et al., 1995). La densità dei fasci è stimata in 283,3 fasci/m<sup>2</sup> e il ricoprimento di posidonia viva in circa il 75%. I valori relativi alla lepidocronologia, effettuata per quest'area su 6 fasci, hanno mostrato una produzione annuale del rizoma piuttosto elevata pari a 113,9 g/fascio·anno, un allungamento del rizoma di 8,5 mm/anno e un numero medio di foglie per fascio per anno di circa 8. La produzione del fascio per ogni anno è stata calcolata come 1,38 g/fascio·anno e l'età media del rizoma in 3 anni.

L'indice PREI, il più alto riscontrato, ha un valore di **0,882** che fa ricadere questa stazione nella classe di qualità ecologica **ELEVATA**.

L'indice PREI evidenzia valori più bassi nei siti dell'Isola d'Elba, rivelando la probabile esistenza di impatti in aree adiacenti. Tuttavia, le differenze tra i valori PREI tra i diversi siti sono modeste e la classificazione dell'indice evidenzia un EQR (rapporto di qualità ecologico) sempre piuttosto alto, e comunque sempre compreso tra lo stato BUONO e lo stato ELEVATO (Figura 4.3).

Figura 4.3: Rapporto di Qualità ecologica (EQR) *Posidonia oceanica* anno 2016



La metodologia di campionamento per *P. oceanica* prevede anche la granulometria del sedimento e la misura di TOC (carbonio organico totale), sebbene questi due parametri siano da considerarsi facoltativi; si sottolinea, tuttavia, l'importanza di questi dati per una migliore interpretazione del giudizio di qualità di stato ecologico espressa dall'indice PREI. Per tutte le stazioni monitorate il valore del carbonio organico totale risulta essere  $< 0,1$  % s.s., mentre i dati granulometrici sono riportati in Tabella 4.4.



Tabella 4.4 - Granulometria nei siti di monitoraggio della *Posidonia oceanica*

Corpo idrico	Descrizione	Ghiaia	Sabbia	Peliti
		> 2 mm	Compreso tra 2 e 0,063 mm	<= 0,063 mm
Costa Argentario	Porto Santo Stefano Limite inferiore	50	42,8	7,1
	Porto Santo Stefano Stazione intermedia	40	58,8	1,2
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord Limite inferiore	6,4	91	2,6
	Elba Nord Stazione intermedia	4,8	92	3,2
	Elba Sud Limite inferiore	27,4	65,9	6,7
	Elba Sud Stazione intermedia	19,3	74	6,7
Arcipelago Isole Minori	Giglio Limite inferiore	2	92,5	5,5
	Giglio Stazione intermedia	9,2	87,1	3,7
	Montecristo Limite inferiore	27,2	68,8	4
	Montecristo Stazione intermedia	35	62,9	2,1

In conclusione si può evidenziare come l'indice PREI possa avere delle limitazioni nell'evidenziare l'effettivo stato di qualità delle praterie a *P. oceanica* nei siti indagati, sottostimando in parte l'effettivo stress che può esistere in alcune aree. A questo proposito si sottolinea che le recenti direttive quadro europee (WFD 2000/60 e MSFD 2008/56) pongono l'accento sul fatto che lo stato di qualità dell'ambiente marino non possa essere valutato correttamente solo sulla base di poche biocenosi, ma si compone integrando le diverse informazioni che derivano dai giudizi di qualità ottenuti valutando lo stato di tutte le principali comunità biologiche che compongono l'ecosistema marino.

#### 4.1.5 Elementi di qualità fisico-chimica a sostegno e idromorfologici

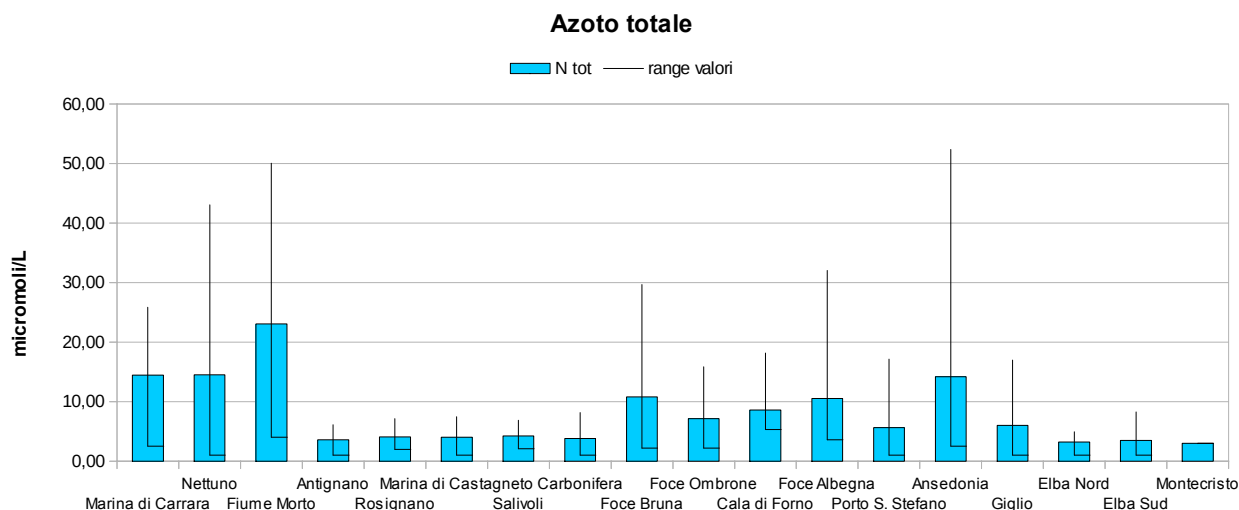
Durante le campagne di monitoraggio vengono acquisiti i profili verticali con sonda multiparametrica di tutte le stazioni: i parametri indagati sono temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a*. L'acquisizione dei dati viene effettuata con un passo di un metro in modo da evidenziare stratificazioni termiche o saline o stadi di anossia o ipossia che possono verificarsi sul fondo.

Al fine della classificazione dello stato ecologico, gli elementi chimico fisici a sostegno che occorrono per il calcolo dell'Indice Trofico **TRIX** sono l'ossigeno disciolto, la clorofilla *a* e i nutrienti, mentre tutti gli altri parametri rilevati, come la trasparenza, la temperatura e la salinità, sono utili per l'interpretazione dei dati.

#### Nutrienti

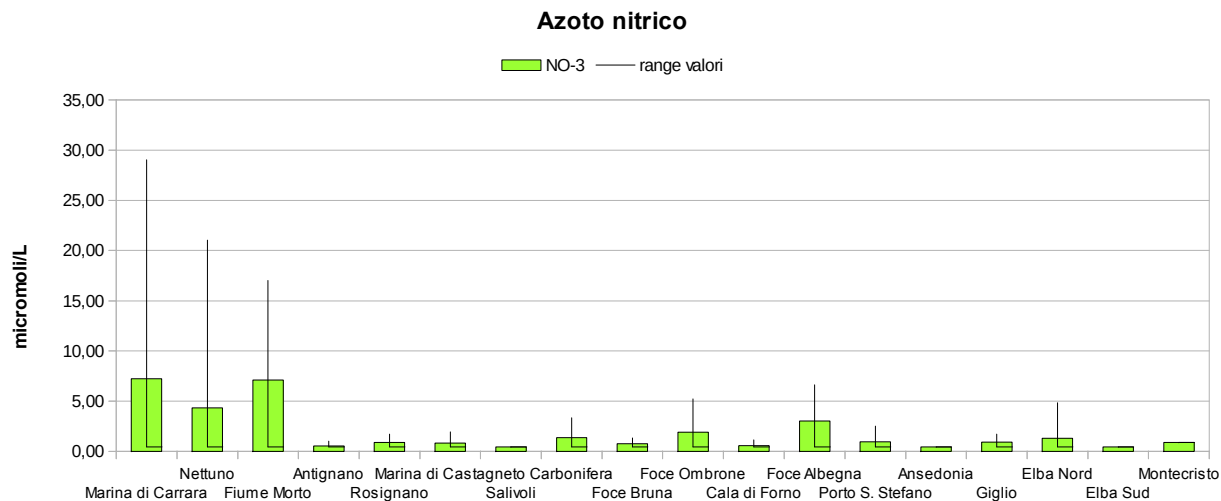
I dati di azoto totale e di azoto nitrico evidenziano una concentrazione maggiore nelle 3 stazioni a nord e nelle stazioni di Foce Ombrone e Foce Albegna: il valore medio massimo di azoto totale è di 23,07  $\mu\text{mol/L}$  (Fiume Morto) mentre il valore massimo di concentrazione assoluto nell'anno è di 52,30  $\mu\text{mol/L}$  (Ansedonia), come illustrato dalla Figura 4.4.

Figura 4.4 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto totale



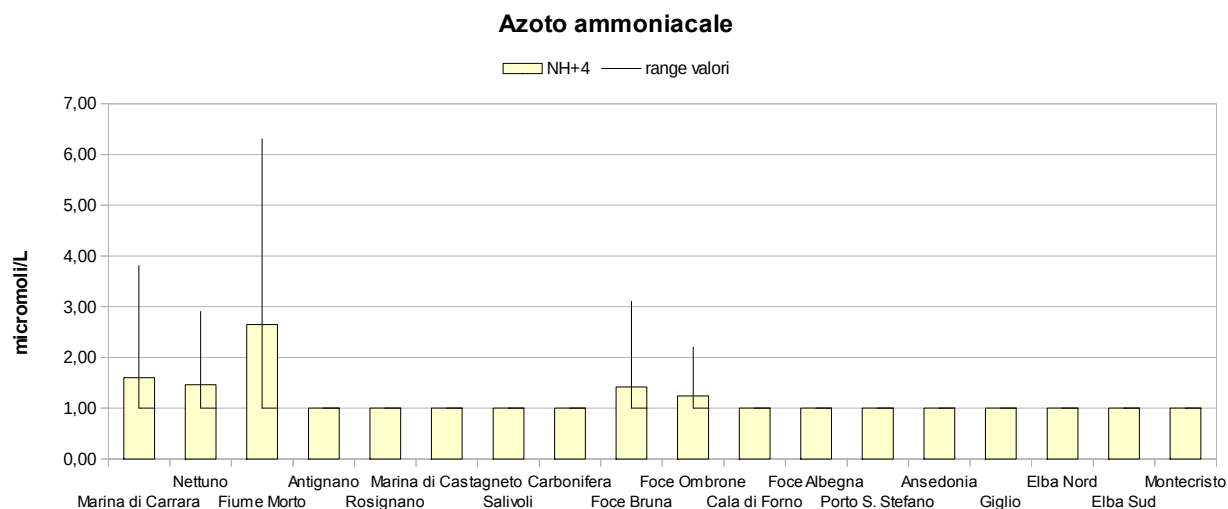
Per quanto riguarda invece l'azoto nitrico la concentrazione media più alta è di 7,24  $\mu\text{mol/L}$  mentre la concentrazione più alta analizzata nel 2016 di 29,0  $\mu\text{mol/L}$ : in entrambi i casi a Marina di Carrara (Figura 4.5).

Figura 4.5 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitrico



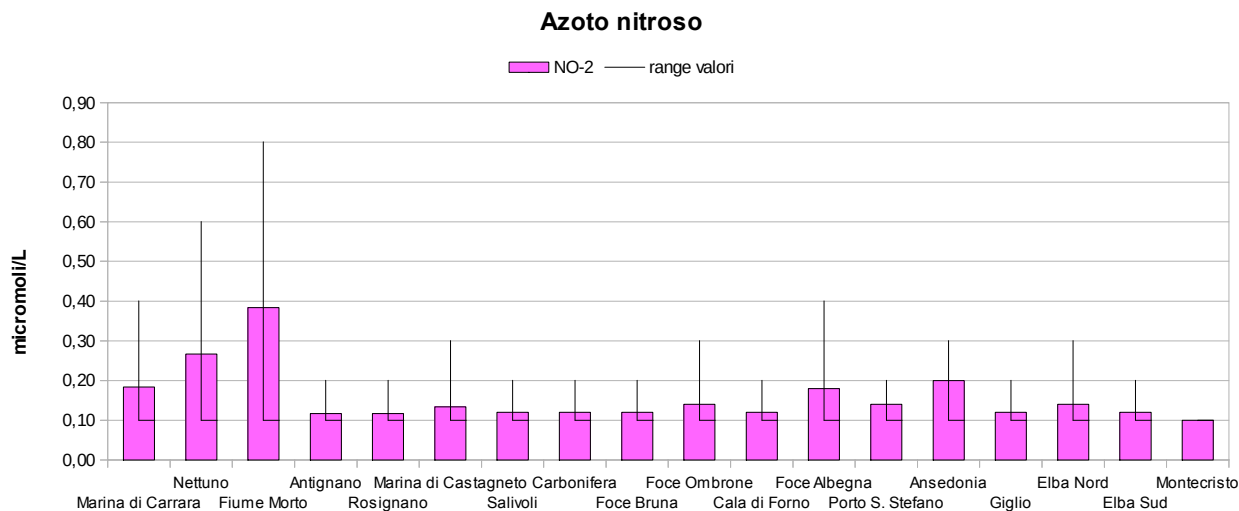
L'azoto ammoniacale (Figura 4.6) è presente soprattutto nel tratto a Nord, in particolare a Fiume Morto, e alla foce del Bruna e dell'Ombrone; nelle altre stazioni è sempre al sotto del limite di quantificazione ovvero 2 µmol/L (per effettuare le medie il limite di quantificazione è stato sostituito con la metà del limite, come indicato dalla DM.260/2010, pertanto nel grafico comparirà un valore pari a 1). Il valore medio più alto e la concentrazione massima sono stati entrambi rilevati a Fiume Morto e sono quantificati rispettivamente in 2,65 e 6,30 µmol/L.

Figura 4.6 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitrico



Anche l'azoto nitroso presenta una concentrazione media più alta nelle stazioni a nord con un massimo a Fiume Morto di  $0,80 \mu\text{mol/L}$  e un valore medio  $0,38 \mu\text{mol/L}$ , come indicato in Figura 4.7

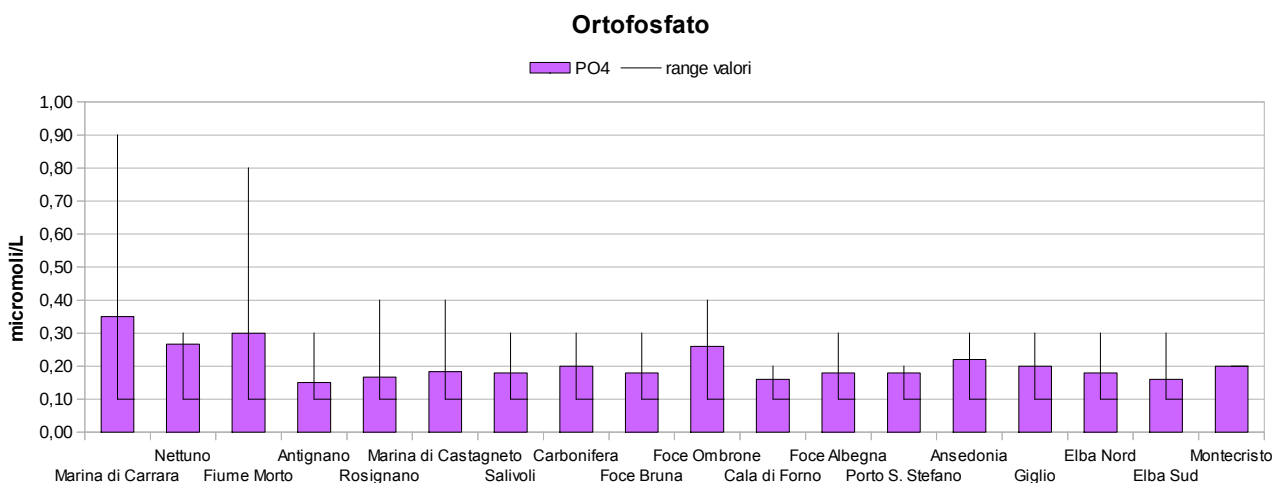
Figura 4.7 - Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitroso



Le concentrazioni di fosforo totale sono per lo più sotto il limite di quantificazione,  $0,4 \mu\text{mol/L}$ : solo le stazioni a Nord si differenziano con valori di concentrazione che non superano mai il valore di  $1,3 \mu\text{mol/L}$  (Marina di Carrara, aprile).

L'ortofosfato presenta il valore medio di concentrazione più alto nella stazione di Marina di Carrara con valore pari a  $0,35 \mu\text{mol/L}$  e un valore massimo pari a  $0,90 \mu\text{mol/L}$  (Figura 4.8).

Figura 4.8 - Concentrazione media e valori minimo e massimo di ortofosfato



### Indice Trofico TRIX

I valori dell'indice trofico indicano, in generale, per le regioni marino costiere della Toscana, una condizione di oligotrofia caratterizzata da alti tassi di ossigeno e basse concentrazioni di nutrienti, spesso pari al limite di quantificazione strumentale.

Come si nota dalla Tabella 4.5, i valori medi annuali dell'indice trofico TRIX superano il valore soglia solo nella stazione di Fiume Morto, Costa Pisana.

Essendo tutte stazioni monitorate con modalità operativa, il dato finale di TRIX sarà ottenuto come media dei singole medie annuali del triennio.

Tabella 4.5 - Valori medi annuali dell'Indice TRIX: anno 2016

Corpo idrico	Descrizione	TRIX 2016
Costa Versilia	Marina di Carrara	3,6
Costa del Serchio	Nettuno	4
Costa Pisana	Fiume Morto	4,4
Costa Livornese	Antignano	2,8
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	2,8
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	2,5
Costa Piombino	Salivoli	2,6
Costa Follonica	Carbonifera	3,4
Costa Punta Ala	Foce Bruna	2,7
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2,9
Costa Uccellina	Cala di Forno	2,5
Costa Albegna	Foce Albegna	3
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	2
Costa Burano	Ansedonia	2,8
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2,7
	Elba Sud	2,4
Arcipelago Isole Minori	Giglio	2,2
	Montecristo	3,1

#### 4.1.6 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità

Ai fini dell'elaborazione della media, quando il valore analitico è risultato inferiore al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata, è stata usata la metà del valore del limite di quantificazione, così come indicato al punto 13 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

Quando il 90% dei risultati analitici è al sotto del limite di quantificazione, non è stata fatta la media dei valori ma semplicemente è stato riportato il risultato come “minore del limite di quantificazione”, come indicato al punto 15 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale, così ottenuti, sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella tab1/B del DM 260/2010 e ss.mm.ii. (Tabella 4.6).

Tabella 4.6 - Metalli non appartenenti all'elenco di priorità: anno 2016

Corpo idrico	Stazione	Colonna d'acqua (Tab. 1/B)		
		n°	Arsenico	Cromo totale
			µg/L	
			SQA-MA	
			5	4
Costa Versilia	Mar. di Carrara	6	2	< 1
Costa del Serchio	Nettuno	6	2	2
Costa Pisana	Fiume Morto	6	2	1
Costa Livornese	Antignano	6	2	1
Costa del Cecina	Rosignano Lillatro	6	2	1
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	6	2	2
Costa Piombino	Salivoli	5	2	1
Costa Follonica	Carbonifera	5	2	< 1
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	5	2	2
Costa Ombrone	Foce Ombrone	5	2	2
Costa Uccellina	Cala di Forno	5	2	2
Costa Albegna	Foce Albegna	5	2	1
Costa Argentario	Porto S. Stefano	5	2	1
Costa Burano	Ansedonia	5	2	4
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	6	2	1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	6	2	1
Arcipelago Isole Minori	Giglio	5	3	2
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	1	2	1

Tutte le altre sostanze ricercate in base alla normativa risultano inferiori al limite di quantificazione.

Per quanto riguarda i sedimenti con il D.Lgs. 172/2015, arsenico e cromo sono elencati nella tabella 3/B in cui vengono riportati gli standard di qualità ambientale da utilizzare per acquisire ulteriori elementi conoscitivi.

In Tabella 4.7 sono riportati i limiti indicati dalla DGRT 1273/2016 che modifica alcuni degli SQA riportati nella normativa nazionale in base ai valori di fondo naturali. Come già specificato (vedi cap. 2), la DGRT 1273/2016 riporta (allegato A) la tabella dei valori di fondo del “Rapporto finale” di ARPAT senza le correzioni ed integrazioni riportate nell'Appendice e, in attesa di una modifica della delibera, abbiamo utilizzato la tabella aggiornata e completa ai fini della valutazione dello stato chimico ed ecologico.

Tabella 4.7 - Sedimenti arsenico e cromo totale

Corpo idrico	Stazione	Sedimento (Tab. 3/B)		Valori di Fondo	
		Arsenico	Cromo Totale	Arsenico	Cromo totale
		mg/kg s.s.			
		SQA-MA			
		12	50	mg/kg s.s.	
Costa Versilia	Mar. di Carrara	10	48	34	91
Costa del Serchio	Nettuno	16*	86*	34	91
Costa Pisana	Fiume Morto	13	81*	< SQA	91
Costa Livornese	Antignano	23*	80*	34	138
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	28*	77*	34	138
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	19*	125*	34	189
Costa Piombino	Salivoli	70*	85*	142	138
Costa Follonica	Carbonifera	26*	62*	34	91
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	21*	56	34	91
Costa Ombrone	Foce Ombrone	16*	68*	34	91
Costa Uccellina	Cala di Forno	21*	68*	34	91
Costa Albegna	Foce Albegna	22*	60	34	91
Costa Argentario	Porto S. Stefano	26*	58	34	91
Costa Burano	Ansedonia	30*	29	34	91
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	35*	77*	34	138
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	135*	101*	142	138
Arcipelago Isole Minori	Giglio	16	19		

In grassetto: valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015), tenendo conto del “margine di tolleranza del 20%

\* : valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015), ma inferiori ai Valori di Fondo

## 4.2. Stato chimico

### 4.2.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità

Nel 2016 sono stati prelevati 92 campioni di acqua di mare al fine di determinare lo stato chimico dei singoli corpi idrici.

Per l'elaborazione della media, se il valore analitico è risultato inferiore al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata, è stata usata la metà del valore del limite di quantificazione, così come indicato al punto 13 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

Quando il 90% dei risultati analitici è risultato al di sotto del limite di quantificazione non è stata fatta la media dei valori ma semplicemente è stato riportato il risultato come “*minore del limite di quantificazione*”, come indicato al punto 15 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

In Tabella 4.8 e Tabella 4.9 sono riportate le medie annuali delle concentrazioni nella colonna d'acqua dei metalli e dei TBT, rispettivamente, con i relativi standard di qualità indicati nel D.Lgs 172/2015 e, se previsti, dal DGRT 1273/2016.

**Metalli** - Rispetto alla tabella 1/A del DM 260/2010, il D.Lgs. 172/2015 introduce nuovi SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale - Media Annua) per il nichel e per il piombo, più bassi rispetto ai precedenti, mentre per quanto riguarda il mercurio elimina l'SQA – MA, mantenendo solo SQA – CMA (Standard di Qualità Ambientale - Massima Concentrazione Ammissibile) alzandola a 0,07 µg/L. Per maggior dettaglio sono state riportate anche le medie annuali di concentrazione di mercurio, anche se non verranno usate ai fini della classificazione.

Da questi dati non si evidenziano superamenti degli standard ambientali né per il piombo né per il nichel.

Per quanto riguarda il mercurio, la stazione di Rosignano Lillatro risulta avere un superamento del SQA-CMA nel mese di ottobre con una concentrazione pari a 0,11 µg/L.



Tabella 4.8 - Sostanze prioritarie e prioritarie pericolose: metalli

Corpo idrico	Stazione	Colonna d'acqua (Tab. 1/A)						Valori di Fondo	
		N°	µg/L					Mercurio	Cadmio
			Cadmio	Nichel	Piombo	Mercurio			
			SQA - MA				SQA-CMA	µg/L	
			0,2	8,6	1,3	-	0,07		
Costa Versilia	Mar. di Carrara	6	< 0,05	1,1	< 1	< 0,01		0,09	0,3
Costa del Serchio	Nettuno	6	< 0,05	2,1	1,3	0,02		0,09	0,3
Costa Pisana	Fiume Morto	6	< 0,05	1,4	< 1	< 0,01		0,09	< SQA
Costa Livornese	Antignano	6	< 0,05	2,1	< 1	0,02		0,04	0,3
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	6	< 0,05	1,6	< 1	0,02	0,11	0,04	0,5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	6	< 0,05	1,3	< 1	0,02		0,04	< SQA
Costa Piombino	Mar. di Salivoli	5	0,1	1,9	< 1	0,02		0,04	< SQA
Costa Follonica	Carbonifera	5	< 0,05	1,9	< 1	0,02		0,14	0,3
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	5	< 0,05	2,2	1,1	0,03		0,14	< SQA
Costa Ombrone	Foce Ombrone	5	< 0,05	1,1	< 1	< 0,01		0,26	< SQA
Costa Uccellina	Cala di Forno	5	< 0,05	1,9	< 1	< 0,01		0,26	0,3
Costa Albegna	Foce Albegna	5	< 0,05	2,2	< 1	0,01		0,26	0,3
Costa Argentario	Porto S. Stefano	5	< 0,05	3,0	< 1	0,02		0,26	< SQA
Costa Burano	Ansedonia	5	< 0,05	4,3	1,2	0,02		0,26	0,3
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	5	< 0,05	2,3	< 1	< 0,01		0,04	< SQA
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	5	< 0,05	3,1	1,0	< 0,01		0,09	< SQA
Arcipelago Isole Minori	Giglio	5	< 0,05	1,0	< 1	< 0,01			
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	1	< 0,05	4,2	< 1	< 0,01		0,04	< SQA

In grassetto: valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015)

\* : valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015), ma inferiori ai Valori di Fondo.

**TBT** - I composti organostannici sono composti organici che contengono almeno un legame fra carbonio e stagno. Di questi composti, quello di gran lunga più noto è il TBT o tributilstagno, impiegato su vasta scala nelle vernici antivegetative usate per le imbarcazioni, applicate a quella parte di scafo che rimane sotto la linea di galleggiamento in modo da prevenire l'adesione di alghe e cirripedi che altrimenti farebbe aumentare la resistenza all'acqua e, di conseguenza, il consumo di carburante. Numerosi studi hanno dimostrato la correlazione tra la presenza di TBT nelle acque e l'insorgenza in molte specie di gasteropodi marini del fenomeno dell' *imposex* che consiste nell'imposizione di caratteri sessuali secondari maschili nelle femmine. I dati disponibili in letteratura dimostrano che i composti organostannici sono inoltre responsabili di immunotossicità nei ratti e di disfunzioni a livello ormonale, anche a livelli relativamente bassi d'esposizione, non solo negli organismi invertebrati marini, ma anche nei mammiferi.

Per tali motivi, l'IMO, International Maritime Organisation, ha adottato nel 2001 l'AFS Convention (*International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships*), che prevede il divieto a livello mondiale dell'applicazione di vernici contenenti di TBT su carene di ogni dimensione a partire dal 1° gennaio 2003 e ne ha totalmente bandito la presenza a partire dal 1° gennaio 2008.

Tale Convenzione, ratificata da 25 paesi, è entrata in vigore a partire dal 17 settembre 2008 (IMO, 2009). L'Unione Europea, basandosi sull'AFS Convention, nel luglio 2003 ha a sua volta adottato il Regolamento (CE) 782/2003, che vieta l'applicazione delle vernici a base di TBT su ogni tipo di scafo a partire dal 1° luglio 2003, e la loro presenza a partire dal 1° gennaio 2008.

Nonostante la messa al bando del TBT come agente antivegetativo, c'è ancora oggi l'esigenza di proseguire il monitoraggio dei livelli di questi composti negli ambienti acquatici, vista l'elevata persistenza e i fenomeni di biomagnificazione lungo la catena alimentare (EPA, 2002; Fortibuoni et al., 2013): le concentrazioni attualmente rilevate nelle matrici marine costituiscono ancora oggi una minaccia per la salute degli ecosistemi acquatici, in quanto superiori alla concentrazione minima capace di indurre effetti tossici.

La media annuale ha rilevato che solo il corpo idrico Arcipelago Isole Minori (Montecristo e Giglio) non ha superato gli standard ambientali. Tra le stazioni la cui media annuale del TBT risulta maggiore dello Standard Ambientale, dodici presentano anche il superamento dello SQA – CMA: questi superamenti si sono avuti prevalentemente nei mesi estivi e nel caso di Porto Santo Stefano per 2 volte consecutive (Tabella 4.9).

Tabella 4.9 - Sostanze prioritarie pericolose: TBT

Corpo idrico	Stazione	N°	Colonna d'acqua (Tab. 1/A)	
			TBT µg/L	
			SQA-MA	SQA-CMA
			0,0002	0,0015
Costa Versilia	Marina di Carrara	6	0,0017	0,0080 (luglio)
Costa del Serchio	Nettuno	6	0,0015	0,0120 (luglio)
Costa Pisana	Fiume Morto	6	0,0009	0,0028 (luglio)
Costa Livornese	Antignano	6	0,0007	
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	6	0,0008	0,0016 (aprile)
Costa del Cecina	Marina Castagneto	6	0,0007	
Costa Piombino	Marina di Salivoli	5	0,0008	0,0021 (agosto)
Costa Follonica	Carbonifera	5	0,0031	0,0130 (agosto)
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	5	0,0003	
Costa Ombrone	Foce Ombrone	5	0,0009	0,0024 (agosto)
Costa Uccellina	Cala di Forno	5	0,0028	0,0120 (agosto)
Costa Albegna	Foce Albegna	5	0,0016	0,0048 (agosto)
Costa Argentario	Porto S. Stefano	5	0,0037	0,0040 (luglio) 0,0144 (agosto)
Costa Burano	Ansedonia	5	0,0013	0,0053 (agosto)
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	5	0,0006	
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	5	0,0011	0,0028 (agosto)
Arcipelago Isole Minori	Giglio	5	0,0002	
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	1	0,0002	

In grassetto: valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015)

Per quanto riguarda il **Difenileterobromato (PBDE)**, il **nonilfenolo e ottilfenolo**, il **di(2-etilesilftalato)**, gli **idrocarburi policiclici aromatici**, gli **organo alogenati**, e tutte le altre sostanze ricercate, le concentrazioni ottenute dalle analisi sono tutte ampiamente al di sotto degli standard di qualità ambientali indicati dalla normativa.

#### 4.2.2 Sostanze chimiche tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015: sedimenti

Sono stati effettuati 17 prelievi di sedimenti tra il 9 e il 16 dicembre 2016: i campioni sono stati prelevati tramite Box Corer, con frequenza di campionamento annuale, come previsto dalla normativa.

Con il D.Lgs. 172/2015, la tabella 2/A viene ridotta rispetto a quella riportata nel DM 260/2010, specificando che, qualora le Regioni decidessero di classificare un corpo idrico utilizzando la matrice sedimenti, questo può essere fatto solo limitatamente ai parametri riportati nella suddetta tabella.

**Piombo** - L'unica stazione che supera lo standard ambientale risulta essere Elba Sud (57 mg/kg s.s.), confermando quanto già rilevato negli anni precedenti, ma questo dato è inferiore al valore di fondo della DGRT 1273/2016 (75 mg/kg s.s.), determinato dalla presenza di giacimenti a solfuri (ARPAT, 2015).

**Cadmio** - gli SQA per il cadmio sono stati modificati dalla DGRT 1273/2016 per molte stazioni di prelievo, in relazione alla presenza di numerosi giacimenti metalliferi, più evidente nei corpi idrici meridionali: Elba, Punta Ala, Ombrone, Uccellina e Burano (ARPAT, 2015 e ARPAT 2016). Nel caso, però, di Antignano e Porto Santo Stefano, le concentrazioni di cadmio nei sedimenti superano anche questi valori di fondo.

**Mercurio** - La distribuzione della concentrazione di mercurio è compatibile con un'origine naturale, soprattutto nella parte meridionale della Toscana, alla quale, però, si è aggiunta una componente antropogenica dovuta all'attività mineraria che ha caratterizzato per anni questa zona (Ansedonia, Porto Santo Stefano e Foce Albegna) (ARPAT, 2015).

Alte concentrazioni di mercurio si rilevano nei sedimenti nelle aree di Rosignano e Antignano interessate dalla contaminazione determinata dallo scarico dello stabilimento Solvay, con valori superiori anche agli SQA modificati dalla DGRT 1273/2016.

Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015 (TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD) sono inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa. Sono state inoltre ricercate sostanze quali IPA e PCB esaclorobenzene: anche in questo caso le concentrazioni di queste sostanze sono risultate inferiori agli standard ambientali riportati in tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015.

Si riportano in Tabella 4.10 i dati di mercurio, cadmio e piombo ricercati nei sedimenti della costa toscana.

Tabella 4.10 - Metalli da ricercare nei sedimenti secondo la Tab.2/A del D.Lgs 172/2015

Corpo idrico	Stazione	Sedimento (Tab. 2/A)			Valori di Fondo		
		Cadmio	Piombo	Mercurio	Cadmio	Piombo	Mercurio
		mg/kg s.s			mg/kg s.s		
		MQA					
		0,3	30	0,30			
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,1	9	0,02	< SQA	< SQA	0,5
Costa del Serchio	Nettuno	0,3	21	0,05	1,2	< SQA	0,5
Costa Pisana	Fiume Morto	0,3	19	0,05	0,6	< SQA	0,5
Costa Livornese	Antignano	0,4	26	0,94	< SQA	38	0,5
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	0,4*	16	0,59	0,6	< SQA	0,5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	0,3	13	0,17	0,6	< SQA	0,5
Costa Piombino	Salivoli	0,5*	35	0,21	1,2	38	0,5
Costa Follonica	Carbonifera	0,4*	23	0,85*	0,6	38	1,4
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	0,3	17	0,26	0,6	< SQA	1,4
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,3	18	0,32	0,6	< SQA	1,4
Costa dell'Uccellina	Cala di Forno	0,3	20	0,32	0,6	< SQA	1,4
Costa Albegna	Foce Albegna	0,4*	18	0,86*	0,6	< SQA	1,4
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	0,4*	25	0,56*	0,6	38	1,4
Costa Burano	Ansedonia	0,4*	23	1,05*	0,6	38	1,4
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,4*	29	0,17	0,6	38	0,5
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,8*	57*	0,29	1,2	75	0,5
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,3	17	0,17			
Margine di tolleranza del 20%”		0,36	36	0,36			

In grassetto: valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015), tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

\* : valori che superano gli SQA (DM 260/2010 o D.Lgs 172/2015), ma inferiori ai Valori di Fondo.

#### 4.2.3 Biota

Quest'anno, in attesa delle linee guida italiana per questo tipo di monitoraggio, pubblicate nell'ottobre del 2016 dal titolo "Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs 172/2015)", i campionamenti del biota sono stati eseguiti in concomitanza con quelli previsti per le acque destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/2006 all. 2 sezione C). Lo standard di qualità del biota viene applicato ai

tessuti (peso umido) e l'organismo bioaccumulatore di riferimento per le acque marino costiere è il bivalve *Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819.

I campioni da analizzare sono stati prelevati direttamente da banchi naturali di molluschi bivalvi della specie di riferimento a marzo e settembre, in corrispondenza del periodo di minore e maggiore accrescimento gonadico. I mitili vengono campionati in modo da selezionare almeno **150 individui** di taglia omogenea compresa tra il 70 e il 90% della media delle taglie massime osservate.

Sono stati prelevati 26 campioni di *Mytilus galloprovincialis* per le analisi chimiche.

Come indicato dalla legge essendo stati effettuati 2 campionamenti l'anno, le concentrazioni ottenute sono state mediate e i valori ottenuti riportati in Tabella .

Tabella 4.11 - Biota 2016: mercurio

Corpo Idrico	Descrizione	Mercurio
		µg/Kg
		SQA biota
		20
Costa Versilia	Forte dei Marmi	14
Costa del Serchio	Nettuno	17
Costa Pisana	Fiume Morto	10
Costa Follonica	Carbonifera	19
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	19
Costa Ombrone	Foce Ombrone	Mitili assenti
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno	310
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	920
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	Mitili assenti

I campionamenti mancanti sono dovuti al fatto che non sono stati rinvenuti organismi nella postazione di prelievo, né nelle vicinanze. I valori medi di mercurio per l'anno 2016 risultano tutti al di sotto del SQA biota indicato per questo elemento, tranne che per le stazioni di Cala di Forno e Porto Santo Stefano. Le analisi effettuate per la ricerca dell'esaclorobutadiene e dell'esaclorocicloesano indicano che questi due sostanze sono al di sotto del limite indicato.

## 5. CONCLUSIONI

### 5.1. Stato Ecologico: risultati provvisori relativi al I anno del triennio 2016-2018

**Biomassa fitoplanctonica** – I dati indicano quanto già verificatosi negli anni passati ovvero le stazioni della Toscana sono, per questo indice di qualità biologica, tali da essere classificate in stato ecologico **ELEVATO**, tranne per le stazioni di Nettuno (Costa del Serchio) e Fiume Morto (Costa Pisana), che sono in stato **BUONO**. Il valore definitivo per le varie stazioni sarà ottenuto al termine del triennio 2016 - 2018.

**Macrozoobenthos** – Il calcolo dell'indice M-AMBI, indica che delle 6 stazioni monitorate 5 risultano classificate in classe **ELEVATA**, mentre solo una, Porto Santo Stefano, ricade nello stato ecologico **BUONO**.

**Macrofite** – I prelievi saranno effettuati nel 2017 e nel 2018

**Posidonia oceanica** – Su 5 stazioni monitorate, 3 (Porto Santo Stefano, Montecristo e Giglio) sono risultate, sulla base dell'indice PREI, in classe **ELEVATA**, mentre le 2 stazioni di Elba Nord e di Elba Sud ricadono in classe **BUONA**.

**Indice trofico TRIX** - I valori dell'indice trofico indicano, per le acque marino costiere della Toscana, una condizione di oligotrofia caratterizzata da alti tassi di ossigeno e basse concentrazioni di nutrienti, spesso pari al limite di quantificazione strumentale. I valori medi annuali dell'indice trofico TRIX superano il valore soglia solo nella stazione di Fiume Morto, determinando per il corpo idrico Costa Pisana un giudizio di qualità ecologica **SUFFICIENTE**.

**Inquinanti chimici non prioritari** – I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella tab. 1/B del DM 260/2010 e ss.mm.ii. Tutte le altre sostanze ricercate in base alla normativa risultano inferiori al limite di quantificazione. Sulla base degli inquinanti chimici non prioritari, le stazioni risultano pertanto tutte in classe ecologica **BUONA**.

I dati sono riassunti nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1 - Classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere toscane: anno 2016

Corpo Idrico	Descrizione	Biomassa fitoplanctonica	M-AMBI	CARLIT	PREI	TRIX	Elementi chimici a sostegno	Giudizio stato di qualità ecologica
Costa Versilia	Marina di Carrara		§	*	*	3,6		
Costa del Serchio	Nettuno		§	*	*	4		
Costa Pisana	Fiume Morto		§	*	*	4,4		
Costa Livornese	Antignano		§	§	§	2,8		
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro		§	*	§	2,8		
Costa del Cecina	Mar. Castagneto		§	*	*	2,5		
Costa Piombino	Salivoli		§	§	§	2,6		
Costa Follonica	Carbonifera		§	*	§	3,4		
Costa Punt'Ala	Foce Bruna			*	*	2,7		
Costa Ombrone	Foce Ombrone			*	*	2,9		
Costa dell'Uccellina	Cala di Forno			§	*	2,5		
Costa Albegna	Foce Albegna			*	§	3		
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano			§		2		
Costa Burano	Ansedonia			§	§	2,8		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord		§	§		2,5		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud		§	§		2,3		
Arcipelago Isole Minori	Giglio		§	§		2,9		
Arcipelago Isole Minori	Montecristo		§	§		3,1		

<b>Legenda:</b>	# Campionamenti effettuati nel I anno del Triennio 2016-2018 § Campioni previsti nel II e III anno del triennio * Campionamenti non previsti in questa stazione					
<b>STATO ECOLOGICO</b>	<b>ELEVATO</b>		<b>BUONO</b>		<b>SUFFICIENTE</b>	
	<b>SCARSO</b>		<b>CATTIVO</b>			

~~Informazioni provenienti dai vari indici~~

~~BUONO~~

**SUFFICIENTE**



## 2.2.2 Stato chimico e indicatori relativi al I anno del triennio

In questo anno di monitoraggio, nella matrice acqua il TBT è l'unica sostanza che supera gli standard ambientali (D.Lgs. 172/2015 e DGRT 1273/2016) in tutte le stazioni, fatta eccezione per quelle appartenenti al corpo idrico Arcipelago Isole Minori (Giglio e Montecristo). La concentrazione massima ammissibile è invece superata nel corpo idrico Costa di Rosignano.

L'analisi del biota ha rilevato, inoltre, superamenti dello standard di qualità per il mercurio in due stazioni tra le quali il Fiume Morto e Porto Santo Stefano.

Pertanto le sole stazioni che raggiungono per il 2016 il giudizio di qualità ambientale BUONO per lo stato chimico sono Giglio e Montecristo.

Tabella 2.2.2.1

Tabella 2.2.2.1 Classificazione dello stato chimico delle acque marino costiere toscane

Corpo Idrico	Descrizione	STATO CHIMICO 2016		
		Sostanza eccedente in acqua	Sostanza eccedente nel biota	Classificazione
Costa Versilia	Marina di Carrara	TBT		
Costa del Serchio	Nettuno	TBT		
Costa Pisana	Fiume Morto	TBT		
Costa Livornese	Antignano	TBT	*	
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	Hg, TBT	*	
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	TBT	*	
Costa Piombino	Salivoli	TBT	*	
Costa Follonica	Carbonifera	TBT		
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	TBT		
Costa Ombrone	Foce Ombrone	TBT	§	
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno	TBT	Hg	
Costa Albegna	Foce Albegna	TBT		
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	TBT	Hg	
Costa Burano	Ansedonia	TBT		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	TBT	§	
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	TBT	*	
Arcipelago Isole Minori	Giglio		*	
Arcipelago Isole Minori	Montecristo		*	
<b>Legenda:</b>		* Campionamenti non previsti in questa stazione § Campionamenti non effettuati per assenza di organismi		
<b>STATO CHIMICO</b>		<b>Non Buono</b>		
		<b>Buono</b>		