

MONITORAGGIO ACQUE MARINO COSTIERE DELLA TOSCANA

Attività di monitoraggio 2017
e proposta di classificazione

Area Vasta Costa – Settore Mare

REPORT

MARE 

Monitoraggio acque marino costiere della Toscana

Attività di monitoraggio 2017

A cura di:

Gioia Benedettini

ARPAT – Area Vasta Costa Settore Mare

Autore:

Daniela Verniani

ARPAT – Area Vasta Costa Settore Mare

Collaboratori:

Sopralluoghi e parametri chimico fisici

Enrico Cecchi, Michela Ria, Cecilia Mancusi Fabiola Fani, Giacomo Marino Francesco Lavista-

ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare

Maria Rosaria Pisano - ARPAT Area Vasta Costa Dipartimento di Livorno

Giorgio Boncoraglio - ARPAT Area Vasta Costa Dipartimento di Pisa

Sorting macrozoobenthos

Riccardo Biancalana - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare

Analisi fitoplancton

Daniela Verniani - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare

Analisi macroalghe

Enrico Cecchi - ARPAT Area Vasta Costa Settore Mare

Analisi e report *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

Indice generale

1. Sintesi.....	4
2. Introduzione.....	8
2.1. <i>Stato ecologico: elementi di qualità biologica EQB</i>	11
2.2. <i>Stato chimico</i>	14
2.3. <i>Struttura delle rete di monitoraggio</i>	16
3. Risultati e classificazione.....	18
3.1. <i>Stato ecologico</i>	18
3.1.1 <i>Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a.....</i>	18
3.1.2 <i>Macrozoobenthos.....</i>	25
3.1.3 <i>Macroalghe.....</i>	27
3.1.4 <i>Angiosperme.....</i>	31
3.1.5 <i>Elementi di qualità fisico-chimica a sostegno e idromorfologici.....</i>	36
3.1.6 <i>Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità.....</i>	40
3.2. <i>Stato chimico</i>	41
3.2.1 <i>Sostanze appartenenti all'elenco di priorità.....</i>	41
3.3. <i>Biota</i>	47
3.3.1 <i>Mitylus galloprovincialis.....</i>	48
3.3.2 <i>Pesci.....</i>	49
3.4. <i>Sedimenti</i>	51
3.4.1 <i>Sostanze chimiche tabella 2/A del D.Lgs. 172/2014: sedimenti.....</i>	51
4. CONCLUSIONI.....	56
4.1. <i>Stato Ecologico: risultati provvisori relativi al II anno del triennio 2016-2018</i>	56
4.2. <i>Stato Chimico: risultati provvisori relativi al II anno del triennio 2016-2018</i>	58

1. SINTESI

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 264/2018.

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

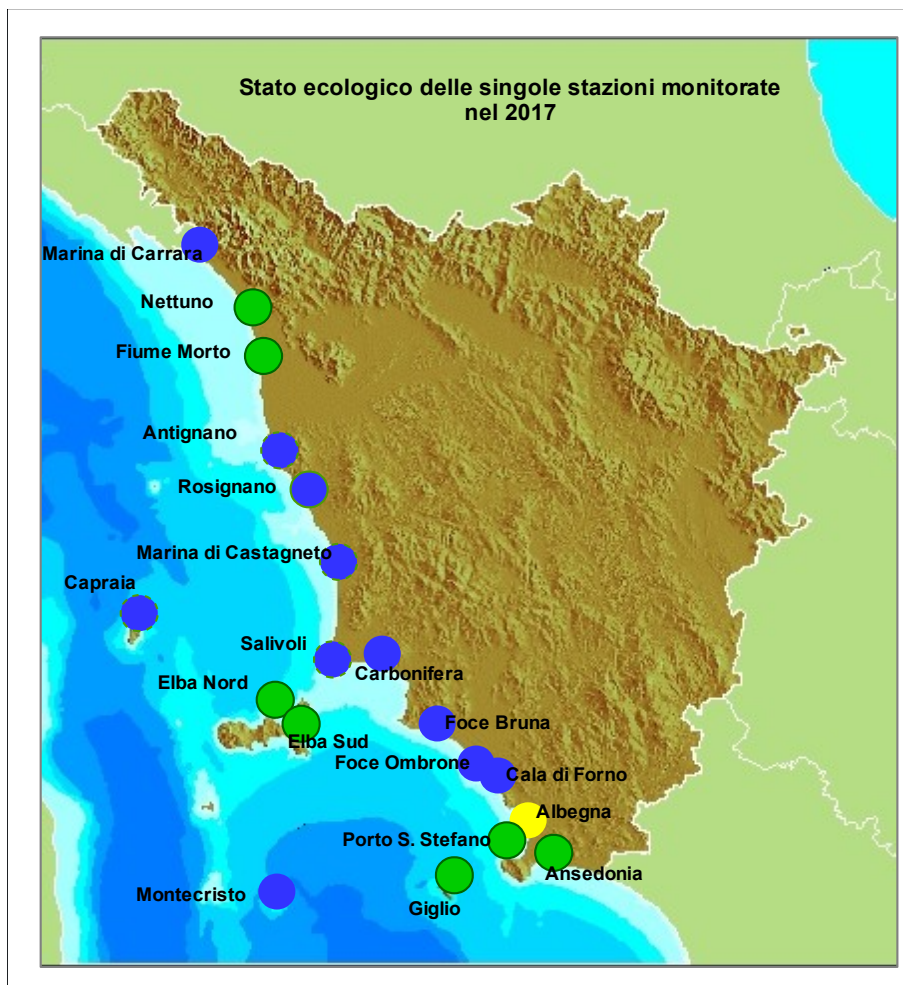
I campionamenti sono effettuati tramite il battello Poseidon, utilizzato per raccogliere campioni di acqua e sedimento per le successive analisi, oltre che come imbarcazione di appoggio per rilievi subacquei sui popolamenti a macroalghe e sulle praterie di *Posidonia oceanica*.

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/B “*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 nel biota (tabelle 1/A del D.Lgs. 172/2014). I livelli di classificazione sono : “Buono” o “Non buono”.

Risultati del monitoraggio 2017

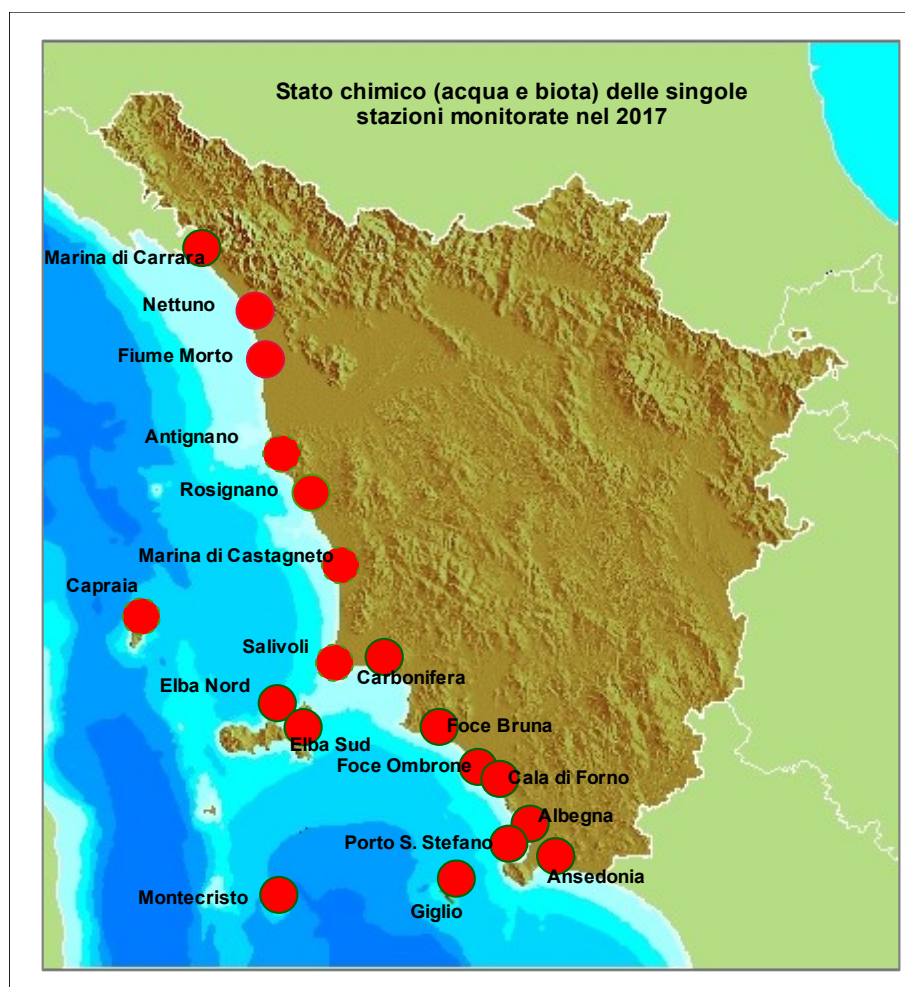
Stato ecologico – Il giudizio sulla qualità ecologica risulta Elevato/ Buono per tutti i corpi idrici indagati nel 2017 fatta eccezione per Costa Albegna che risulta in Classe Sufficiente considerando i risultati dell'indice PREI.



Stato chimico – Come previsto dal D.Lgs 172/15 si è provveduto alla definizione dello stato chimico di qualità ambientale dei corpi idrici in base alla colonna d’acqua e al biota. Risulta il mancato conseguimento dello stato buono per tutte le stazioni monitorate .

Il basso livello di qualità ambientale è legato alle alte concentrazioni di Tributylstagno (TBT) e nel caso del corpo idrico Costa Piombino e costa Albegna anche al mercurio. Inoltre, Elba Nord, Giglio e Capraia presentano superamenti degli standard di qualità ambientali per quanto riguarda il benzo[a]pirene.

Il biota presenta superamenti dello standard ambientale per il mercurio in tutte le stazioni monitorate e anche di PCDF+PCDF+PCB-DL nelle stazioni di Nettuno, Antignano, Marina di Castagneto, Salivoli, Foce Bruna e Ansedonia Cala di Forno e Porto Santo Stefano. I DDT totali superano lo standard ambientale a Marina di Castagneto.



Pur non essendo stata considerata ai fini della classificazione dei corpi idrici, l'analisi dei sedimenti ha rivelato diverse criticità nella concentrazione di cadmio e mercurio, naftalene, pesticidi, DDT, DDD e DDE. Con l'applicazione del DGRT 264/2018, la concentrazioni di mercurio nei sedimenti risulta essere oltre lo standard ambientale nella zona di Antignano; inoltre Antignano e Porto Santo Stefano, Ansedonia e Giglio presentano concentrazioni superiori agli standard ambientali per quanto riguarda il cadmio. Antignano presenta superamenti del SQA per quanto riguarda i parametri DDT, DDD e DDE, Foce Bruna e Foce Ombrone per DDD e DDE, mentre Porto Santo Stefano e Giglio per il naftalene.

Classificazione dello stato chimico ed ecologico delle acque marino costiere in base alla matrice acqua e biota dei corpi idrici Toscani anno 2017

Corpo idrico	2017	
	Stato chimico	Stato ecologico
Costa Versilia	NB	E
Costa del Serchio	NB	B
Costa Pisana	NB	B
Costa Livornese	NB	E
Costa del Cecina	NB	E
Costa Piombino	NB	E
Costa Follonica	NB	E
Costa Punt'Ala	NB	E
Costa Ombrone	NB	E
Costa dell'Uccellina	NB	E
Costa Albegna	NB	S
Costa dell'Argentario	NB	B
Costa Burano	NB	B
Arcipelago Isola d'Elba	NB	B
Arcipelago Isole Minori	NB	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 conoscere lo stato della risorsa idrica e 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. Il DM260/2010, a seguito dell'emanazione della Decisione della Commissione europea 2013/480/UE del 20/9/2013, ha successivamente subito modifiche riguardanti i valori

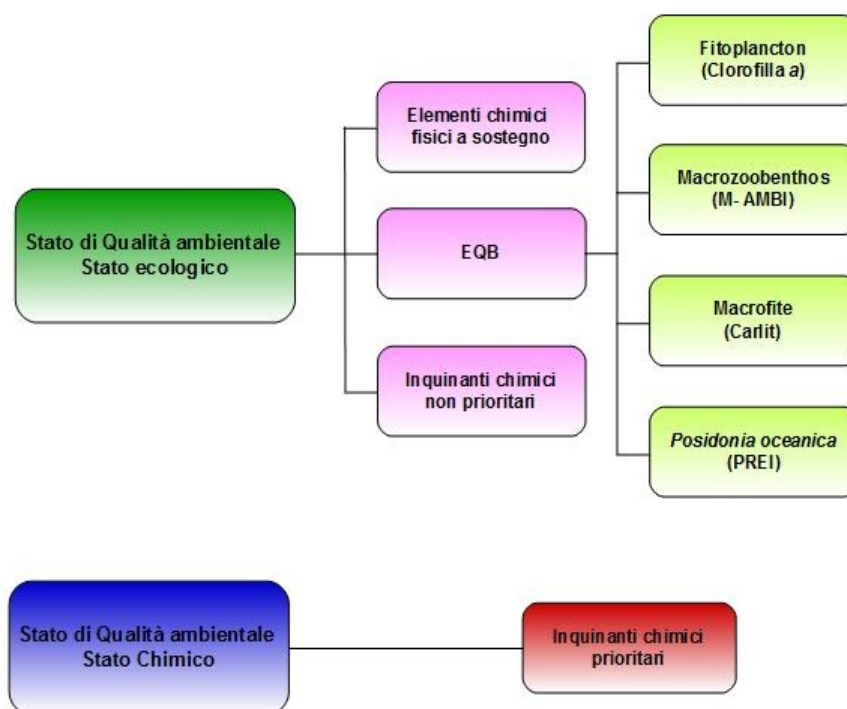
di delimitazioni tra classi di qualità. La Decisione della Commissione europea 2013/480/UE del 20/9/2013, che abroga la precedente decisione 2008/915/CE è rivolta a tutti gli Stati membri senza necessità di alcun specifico atto di recepimento.

Per quanto riguarda invece lo stato chimico, 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. Il provvedimento aggiunge 12 nuovi inquinanti alle 33 sostanze prioritarie già individuate per la loro pericolosità. Il D.Lgs 172/15 modifica il Codice dell'Ambiente (D.Lgs 152/06) intervenendo sugli articoli 74 (definizioni) e 78 (Standard di qualità ambientale) e sull'allegato I alla Terza parte. L'obiettivo è quello di raggiungere il buono stato chimico delle acque entro il 2021 per le sostanze chimiche individuate in passato e entro il 2027 per le nuove 12 sostanze.

Inoltre, in accordo con il punto 7 del capoverso A.2.8 Allegato 1 alla parte III del D.Lgs. 152/06, la Regione Toscana ha dato mandato a ARPAT di verificare e stabilire quali fossero i valori di fondo naturali in acqua e sedimenti: la presenza di metalli in concentrazioni superiori agli standard ambientali, rilevata nel periodo di monitoraggio 2010-2013, faceva presupporre infatti un'ipotetica origine naturale. I risultati dello studio pubblicato da ARPAT "*Studio per la definizione dei Valori di Fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marino costiere*" sono stati recepiti con DGRT 1273/2016 ed utilizzati per modificare gli standard di qualità ambientale stabiliti dalle tabelle 1/A e 1/B. Tale delibera è stata successivamente modificata, con sostituzione dell'allegato A con allegato B nella successiva delibera regionale n. 264 del 20/3/2018.

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

Figura 2.1 - Classificazione dei corpi idrici



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 264/2018.

2.1. Stato ecologico: elementi di qualità biologica EQB

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
 - biomassa fitoplanctonica,
 - macrozoobenthos,
 - macrofite
 - angiosperme (*Posidonia*),
- elementi chimico fisici e idromorfologici a supporto
- inquinanti chimici non prioritari.

Biomassa fitoplanctonica – Viene stimata in funzione della quantità di clorofilla *a* misurata in superficie. In questo caso occorre fare riferimento sia ai rapporti di qualità ecologica (RQE) che ai valori assoluti, espressi in mg/m³ di concentrazione di clorofilla *a*. La classificazione di un corpo idrico secondo questa metrica deve tener conto della variazione, in un periodo di almeno un anno, della clorofilla *a*. Ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza bimestrale.

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. Ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza triennale.

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. Anche in questo caso ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza triennale.

Una volta analizzati questi elementi biologici e calcolati i loro indici, si procede ad assegnare una prima classificazione che dovrà essere confermata o modificata, 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, che nel caso delle coste toscane questo valore è uguale a 4,0.

Figura 2.2 - Indice trofico TRIX

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

Dove:

Chl a = Clorofilla “a” in µg/L

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

N = azoto solubile (*N-NO₃*, *N-NO₂*, *N-NH₃*) 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 un elenco aggiornato di sostanze da ricercare. In base alle conoscenze del territorio e alle pressioni ambientali su di esso esercitato, ARPAT ha condotto nel 2017 indagini sulla matrice acqua per la ricerca degli analiti riportati nella tabella sottostante.

Tabella 2.1 - Inquinanti chimici non prioritari

Metalli	Aniline e derivati	Idrocarburi Aromatici clorurati
Arsenico	2-Cloroanilina	Clorobenzene
Cromo totale	3- Cloroanilina	1,2 Diclorobenzene
	4- Cloroanilina	1,3 Diclorobenzene
Alofenoli	3, 4 Dicloroanilina	1,4 Diclorobenzene
2-Clorofenolo	Idrocarburi aromatici	2-Clorotoluene
3-Clorofenolo	Toluene	3-Clorotoluene
4-Clorofenolo	Xilene	4-Clorotoluene
2,4,5 Triclorofenolo	Idrocarburi alifatici clorurati	
2,4,6 Triclorofenolo	1,1,1 Tricloroetano	

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 Elevato lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB quando la “*media delle concentrazioni delle sostanze di sintesi, misurate nell’arco di un anno, sono minori o uguali ai limiti di quantificazione delle migliori tecniche a costi sostenibili. Le concentrazioni delle sostanze di origine naturale ricadono entro i livelli di fondo naturale.*”.

2.2. Stato chimico

Il D.Lgs 172/2015 prevede che, “ai fini della classificazione delle acque superficiali, il monitoraggio chimico” venga eseguito “nella colonna d'acqua e nel biota”, introducendo (art. 78) “standard di qualità ambientale” (SQA) obbligatori anche per questa seconda matrice (biota), distinguendo, quali parametri ricercare nei pesci e nei molluschi/gasteropodi. Sotto sono riportate le sostanze prioritarie che vengono ricercate da ARPAT nella **matrice acqua**, secondo quanto riportato nella tabella 1/A del D.Lgs. 172/2015.

Tabella 2.2 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice acqua

Metalli	IPA	Prodotti fitosanitari e biocidi	
Cadmio e composti	Benzene	Aldrin	Atrazina
Mercurio e composti	Benzo(a)pirene	Dieldrin	Simazina
Nichel e composti	Benzo(b)fluoranthene	Endrin	Diuron
Piombo e composti	Benzo (k)fluoranthene	Isodrin	Isoproturon
	Benzo(g,h,i)-perilene	DDT totale	Clorfenvinfos
Composti organici semivolatili	Indeno(1,2,3-cd)-pirene)	p.p'-DDT	Clorpirifos
Tetracloruro di carbonio	Antracene	Endosulfan	Alaclor
Pentaclorobenzene	Fluorantene	Esaclorocicloesano	Trifluralin
Di(2-etilesilftalato)	Naftalene	Esaclorobenzene	Pentaclorofenolo
4- Nonilfenolo	Idrocarburi alifatici clorurati		
Ottilfenolo	1,2-Dicloroetano	Organo metalli	
Difenileteri bromurati	Diclorometano	Tributilstagno composti	
	Esaclorobutadiene		
	Triclorometano	Idrocarburi aromaticiclorurati	
	Tetracloroetilene	Triclorobenzeni	
	Tricloroetilene		

Per quanto riguarda la **matrice biota**, lo scorso anno è stato proposto da ARPAT alla Regione Toscana un **programma sperimentale** per la verifica delle sostanze pericolose sul biota in acque marine.

Le analisi effettuate nei campioni di pesci o di mitili sono quelle indicate dalla tabella 1/A² e riportate Tabella 2.3.

²Per le sostanze individuate dai numeri da 34 a 45 gli SQA si applicano dal 22 dicembre 2018, data entro la quale dovrà essere elaborato un programma di monitoraggio supplementare e preliminare per dette sostanze.

Tabella 2.3 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice biota

Pesci	Molluschi
Esaclorobenzene	Fluorantene
Esaclorobutadiene	Benzo[a]pirene
Mercurio	Diossine e composti diossina simili
DDT totale (somma isomeri)	
Diossine e composti diossina simili	
PFOS	
Dicofol	

Il D.Lgs 172/15 specifica chiaramente che la **classificazione delle acque superficiali debba essere eseguita nella colonna d'acqua e nel biota**: le regioni e le province 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.

ARPAT esegue i campionamenti dei sedimenti marini integrando tutti i parametri contenuti nella tabella 2/A, 3/A e 3/B del D.Lgs.172/15. L'integrazione di queste tabelle consentirà di avere una continuità di informazioni sui sedimenti anche per una più corretta interpretazione dei dati ambientali.

Il campionamento è previsto con frequenza annuale.

Tabella 2.4 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice biota

Parametri comuni alla tabella 2/A e 3/B		Parametri Tabella 3/A	Parametri tabella 3/B
Cadmio	αesaclorocicloesano	Benzo [a] Pirene	Arsenico
Mercurio	βesaclorocicloesano	Benzo[B]Fluorantene	Cromo totale
Piombo	γesaclorocicloesano	Benzo[ghi]Perilene	Cromo VI
Antracene	DDT	Benzo[K]Fluorantene	PCB totali
Naftalene	DDD	Indenopirene	
Aldrin	DDE	Fluorantene	
Dieldrin	TBT	Esaclorobenzene	
		ΣT.E. PCDD, PCDF (diossine e furani e PCB diossina simili)	

2.3. Struttura delle rete di monitoraggio

Il DM 131/2008, recepito dalla Regione Toscana con il DGRT 416/2009, recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici, definisce le metodologie per effettuare la tipizzazione delle acque superficiali, l'individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti. I criteri per la tipizzazione dei corpi idrici consentono la caratterizzazione delle acque costiere con valori medi annuali di stabilità verticale (N) della colonna d'acqua secondo le tre tipologie:

- alta stabilità $N \geq 0,3$
- media stabilità $0,15 < N < 0,3$
- bassa stabilità $N \leq 0,15$

Tutta la fascia marino costiera continentale e insulare della Toscana ricade, dal punto di vista idrologico, nella tipologia **Bassa Stabilità macrotipo 3**, ovvero tutta la zona è caratterizzata da siti costieri non influenzati da apporti d'acqua dolce continentale. Integrando la classe di stabilità con le classi di tipologia costiera basati su descrittori geomorfologici, ai corpi idrici toscani sono state attribuite le seguenti classi A3 (rilievi montuosi- bassa stabilità) E3 (Pianura alluvionale- bassa stabilità) e F3 (Pianura di dune - bassa stabilità). In generale in Toscana si distinguono:

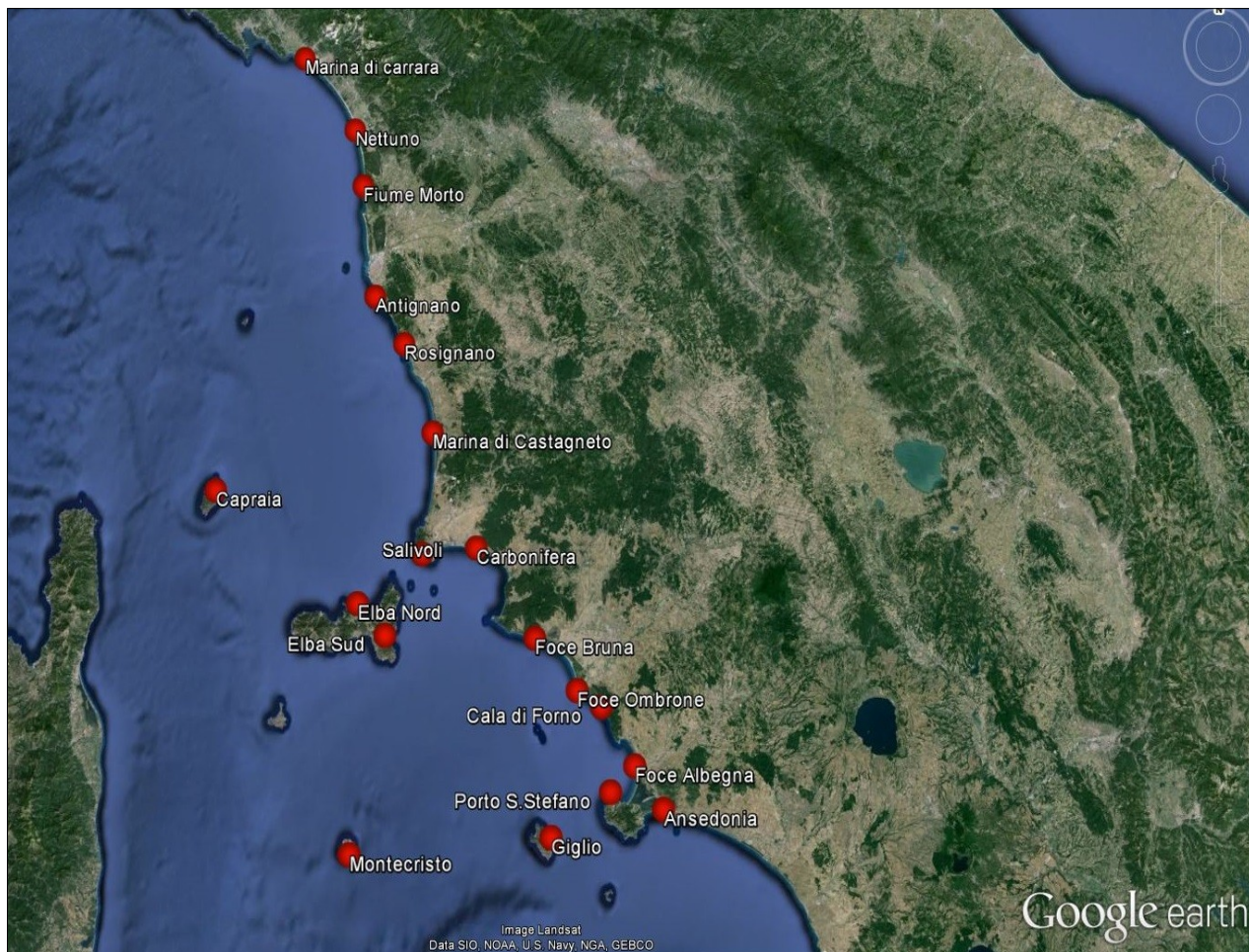
- coste alte e rocciose (morfotipo a falesia) molto diffuse nella zona a Sud di Livorno (da Calafuria a Quercianella), nei promontori di Piombino, di Punta Ala, dell'Argentario, (da Cala di Forno - Parco dell'Uccellina a Talamone) e nelle isole dell'Arcipelago Toscano (Capraia, Elba, Giglio, Gorgona e Montecristo).
- coste basse a litorale dritto, brevi tratti a litorale stretto o di delta (foci dell'Arno e dell'Ombrone).
- cordoni di duna talvolta soggetti a fenomeni erosivi.

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; quest'ultima delibera prevede il monitoraggio di 16 corpi idrici con 19 stazioni, lungo i 442Km di litorale (Figura 2.3).

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

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

Figura 2.3- Stazioni di monitoraggio dei corpi idrici marino costieri



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

3. RISULTATI E CLASSIFICAZIONE

I campionamenti delle acque previsti dalle campagne di gennaio-febbraio e marzo-aprile 2017 non sono stati effettuati in nessuna delle 17 stazioni a causa dell'indisponibilità della M/N Poseidon.

Infatti, durante i normali lavori di manutenzione ordinaria a fine 2016, sono emersi problemi sull'opera viva dello scafo della M/N Poseidon, che hanno richiesto importanti e imprevisi interventi strutturali, che si sono protratti fino alla fine di aprile, che hanno reso impossibile del natante.

Pertanto la classificazione ecologica e chimica sulla matrice acqua verrà effettuata sulla base dei dati raccolti nelle quattro campagne di prelievo effettuate.

3.1. Stato ecologico

3.1.1 Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a

Il fitoplancton, essendo il principale produttore primario in ambiente acquatico si trova alla base della catena alimentare e permette il sostentamento dell'intera comunità biologica dell'ecosistema di cui fa parte. 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. L'intensità luminosa è in grado di influire sulla distribuzione delle varie specie lungo la colonna d'acqua. L'influenza dell'intensità luminosa può anche essere di tipo negativo: un eccesso di intensità luminosa può anche avere effetti inibitori sulla fotosintesi. Nelle regioni temperate le condizioni favorevoli per lo sviluppo vanno dalla primavera all'autunno.

L'aumento di temperatura in generale, se non eccessivo, favorisce i processi metabolici, in altre parole ad una maggiore temperatura corrisponde una maggiore produzione di biomassa fitoplanctonica. Inoltre la temperatura può condizionare altri fattori, come la solubilità dell'ossigeno ed i movimenti delle masse d'acqua, ai quali il plancton è per definizione vincolato. La presenza dei nutrienti nelle acque marine è legata all'immissione degli stessi da parti dei corpi fluviali e alla loro mobilitazione dalle acque più profonde, dove avviene la degradazione della sostanza organica e dove quindi essi tendono ad accumularsi. Una grande disponibilità di nutrienti ha un effetto positivo fino a quando la biomassa fitoplanctonica prodotta viene consumata provocando un aumento proporzionale di biomassa nei livelli trofici successivi.

Il fitoplancton che non è stato utilizzato come nutrimento, quando termina il proprio ciclo vitale si deposita sul fondo decomponendosi. Se la biomassa fitoplanctonica è grande, l'effetto di questa decomposizione può portare a una diminuzione di ossigeno dalle acque di fondo causando effetti negativi per gli organismi bentonici, con cambiamenti nella composizione delle comunità biologiche e lo sviluppo di specie

fitoplanctoniche tossiche. Infine, le variazioni stagionali del fitoplancton dipendono dalle interazioni fra le diverse specie dell'ecosistema acquatico, quali competizione, predazione.

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

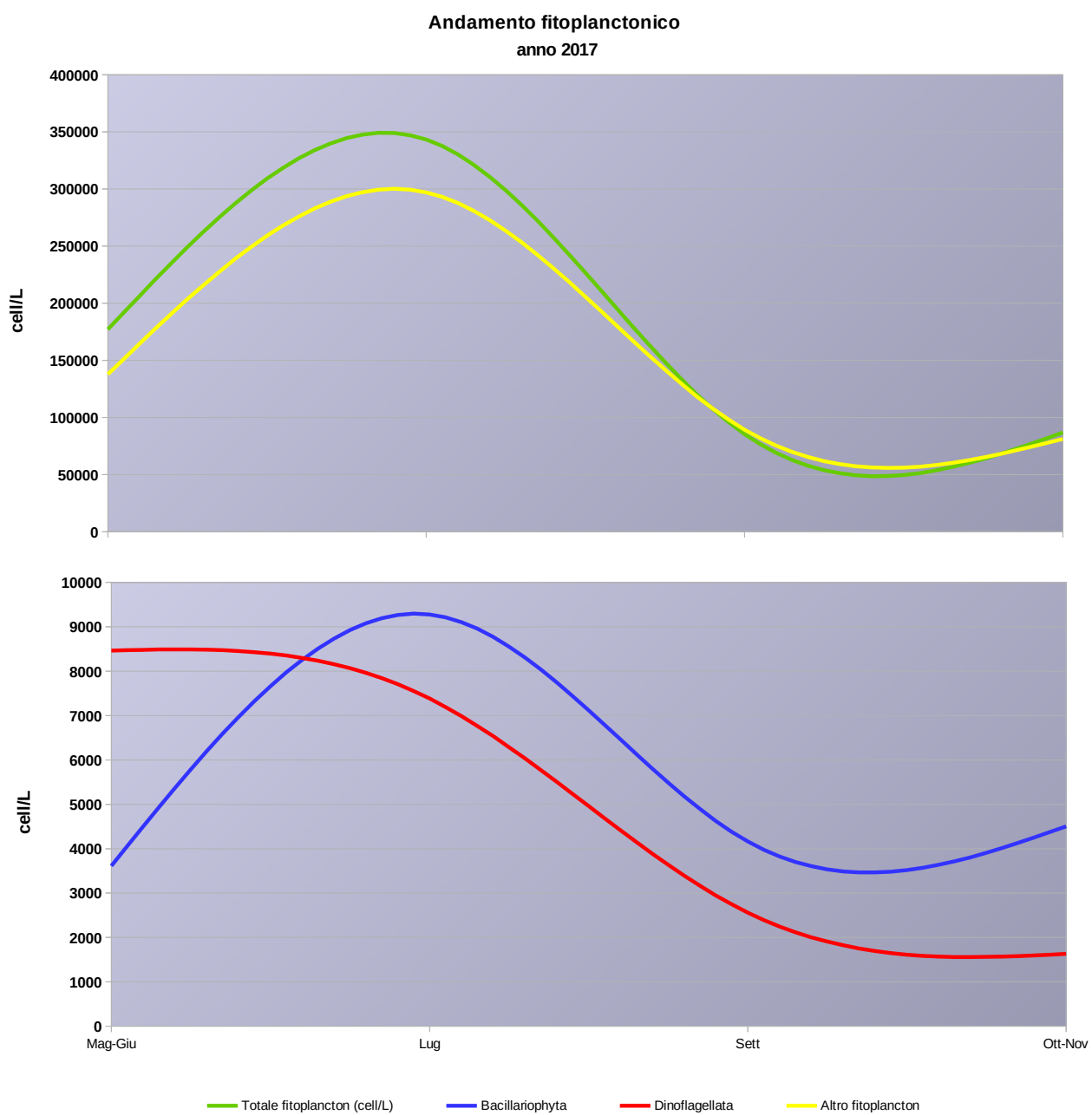
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di diatomee;
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di dinoflagellati;
- numero di cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di “altro fitoplancton”

“*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 Uthermöl, 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). I conteggi sono state condotte sulla base delle indicazioni riportate nelle norme UNI EN 15204 del 2006 e UNI EN 15972 del 2012.

In Figura 3.1, nella quale è riportato l'andamento della densità media fitoplanctonica per l'anno 2017, si evidenzia che questo anno è stato caratterizzato dall'abbondanza di piccole cellule fitoplanctoniche con dimensioni inferiori a 20µm: curve del fitoplancton totale e dell'altro fitoplancton hanno lo stesso andamento indicando che il popolamento fitoplanctonico è essenzialmente costituito da questo raggruppamento microalgale.

Figura 3.1 - Andamento della densità fitoplanctonica lungo le coste della Toscana: anno 2017



Bacillariophyta – I corpi idrici situati a nord di Livorno sono caratterizzati da alte concentrazioni di diatomee. In particolare Massa Carrara, Nettuno e Fiume Morto, rispettivamente rappresentanti dei corpi idrici Costa Versilia, Costa del Serchio e Costa pisana, presentano un picco di concentrazione di questa classe di organismi in tarda primavera inizio estate. Questo unico picco in tutti e tre i casi è dovuto alla presenza di *Skeletonema pseudocostatum* con valori che vanno da $6,4 \times 10^5$ cell/L a Massa Carrara in maggio a $2,4 \times 10^5$ e $4,6 \times 10^6$ cell/L rispettivamente a Fiume Morto e Nettuno in luglio.

Nel resto della Toscana predominano *Pseudo-nitzschia spp.* del *Nitzschia* delicatissima complex, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus* e *Cylindrotheca closterium*.

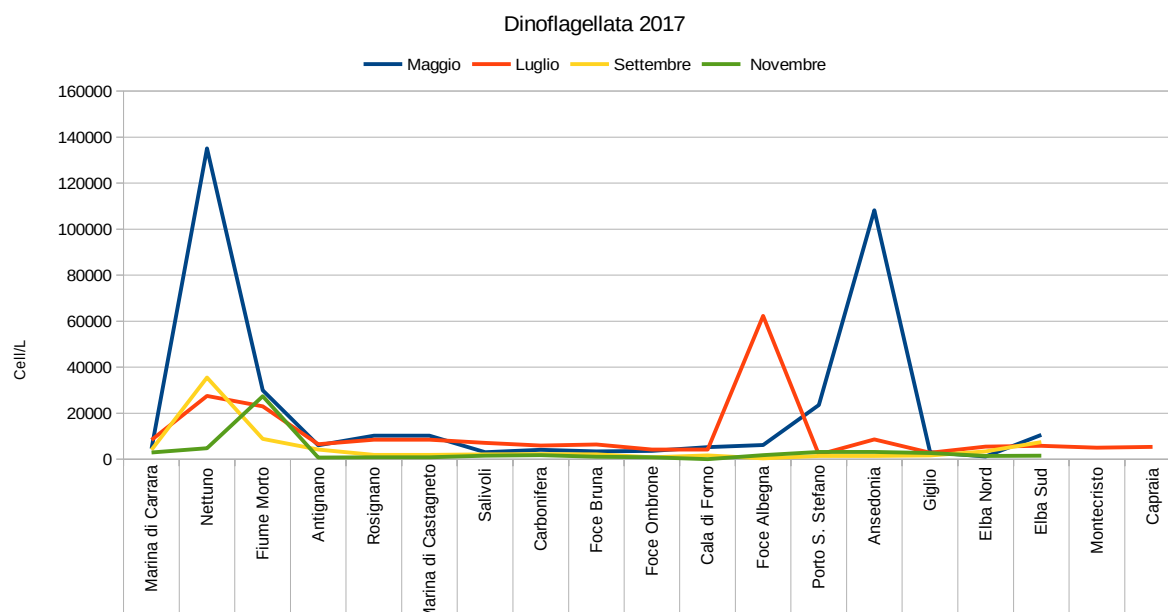
Il valore massimo di concentrazione registrato per le diatomee è di $4,7 \times 10^6$ cell/L nella stazione di Nettuno (luglio); il minimo è stato $2,3 \times 10^2$ cell/L a Salivoli (maggio).

Dinoflagellata – Le letture dei campioni indicano una maggior concentrazione di questo taxa nel periodo maggio giugno. In particolare, come si vede dalla Figura 3.2, Nettuno e Ansedonia hanno le concentrazioni più alte dovute rispettivamente alla presenza di *Prorocentrum triestinum* ($1,1 \times 10^5$ cell/L) e di *Gymnodinium sp.p* ($4,5 \times 10^4$ cell/L) e *Heterocapsa minina* ($5,4 \times 10^4$ cell/L).

A luglio le stazioni a nord vedono un incremento delle dinoflagellata dovuto a *Gymnodinium sp.p*, *Heterocapsa minima* e *Protoperidinium quinquecorne*; Foce Albegna ha in questo periodo il picco maggiore ed è costituito quasi totalmente da *Heterocapsa minima* ($6,4 \times 10^4$ cell/L).

La concentrazione massima di dinoflagellati ($1,4 \times 10^5$ cell/L) è stata rilevata ad aprile nella stazione di Nettuno a maggio, mentre la minima ($8,3 \times 10^1$ cell/L) a Cala di Forno a novembre.

Figura 3.2 - Andamento concentrazione delle dinoflagellata in Toscana anno 2017



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 piccoli flagellati e forme coccoidi con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$.

I cianobatteri sono abbondanti nella stazione di Nettuno a maggio ($1,5 \times 10^4$ cell/L): 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.

Nel periodo maggio luglio sono abbondanti anche le euglenophyceae a nord della Toscana, con una concentrazione massima di $1,5 \times 10^5$ cell/L a Nettuno e di $1,2 \times 10^5$ cell/L a Marina Carrara.

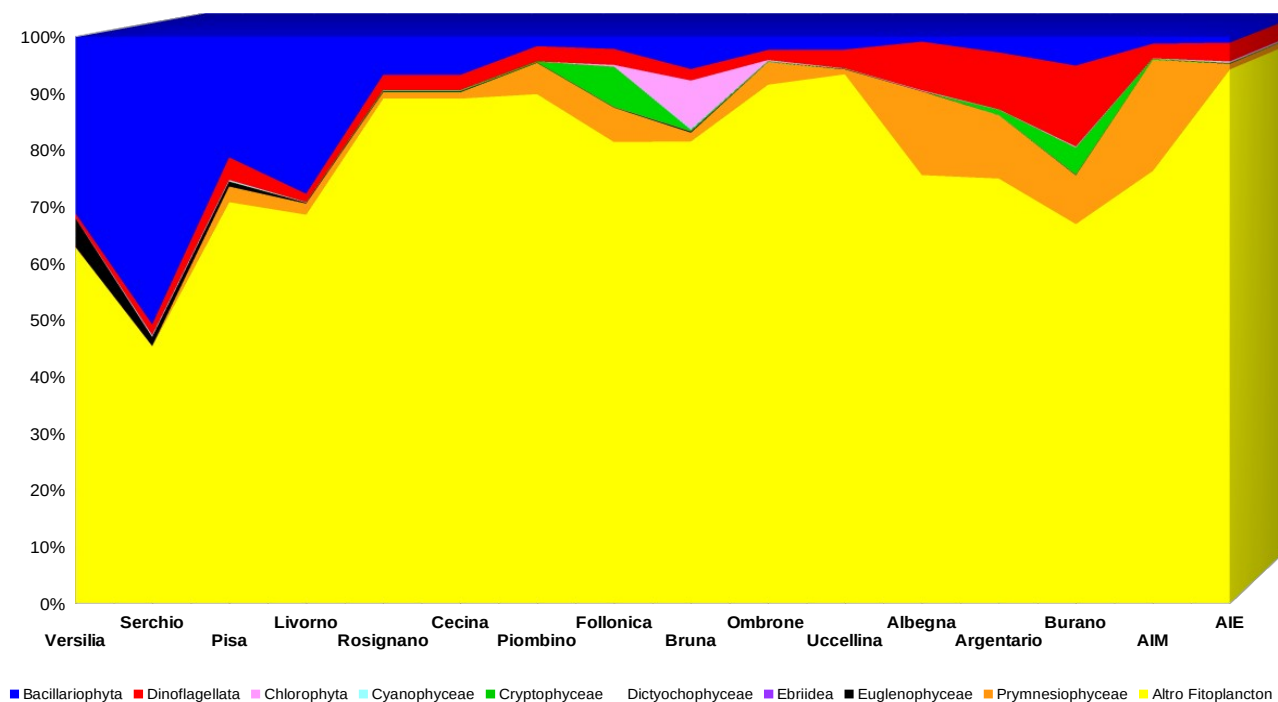
Le Chlorophyceae sono abbondanti nel mese di settembre a Foce Bruna rappresentate dal genere *Dunaliella* sp. ($5,6 \times 10^4$ cell/L).

I coccolitoforidi invece, aumentano alla fine dell'estate soprattutto nelle zone meridionali della Toscana.

La densità più alta di "altro fitoplancton" è stata evidenziata luglio in Costa del Serchio (Nettuno, $4,1 \times 10^6$ cell/L), mentre la più bassa a ottobre-novembre in Costa dell'Uccellina (Cala di Forno, $1,9 \times 10^4$ cell/L).

Il popolamento fitoplanctonico costiero toscano è caratterizzato essenzialmente da altro fitoplancton indeterminato, costituito da piccoli flagellati e forme coccoidi con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$; nella parte settentrionale della Toscana risultano abbondanti anche la Bacillariophyta in Figura 3.3.

Figura 3.3 - Composizione in % su totale popolamento della comunità fitoplanctonica della Toscana anno 2017



La **biomassa fitoplanctonica** totale è espressa come mg/m^3 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 3.1 - Rapporto di qualità biologica relativi all'indice di biomassa fitoplanctonica (clorofilla *a*): anno 2017

Corpo idrico	Descrizione	Chl <i>a</i> (mg/m ³)	EQR
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,64	1
Costa del Serchio	Nettuno	1,60	0,6
Costa Pisana	Fiume Morto	1,42	0,6
Costa Livornese	Antignano	0,42	1
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,17	1
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0,18	1
Costa Piombino	Salivoli	0,22	1
Costa Follonica	Carbonifera	0,07	1
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,11	1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,17	1
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,11	1
Costa Albegna	Foce Albegna	0,09	1
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	0,15	1
Costa Burano	Ansedonia	0,34	1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,15	1
	Elba Sud	0,31	1
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,07	1
	Montecristo	0,05	1
	Capraia	0,08	1

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 al termine del triennio 2016 – 2018.

3.1.2 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 m²).

Nel 2017 sono state campionate, giugno e luglio) le 6 stazioni: Marina di Castagneto, Salivoli, Carbonifera, Capraia, Montecristo e Isola del Giglio. Sia al Giglio sia a Montecristo il prelievo è stato effettuato 2 volte perché in entrambi casi il primo campionamento ha mostrato un substrato non idoneo a questo tipo di analisi.

Per quanto riguarda il Giglio, la comunità bentonica rinvenuta nelle tre repliche del primo prelievo era costituita da 8 taxa, che rispetto alla comunità del 2015 con 21 taxa è decisamente limitata. Il motivo per il quale sono stati rinvenuti pochi taxa rispetto al campionamento del 2015 è probabilmente da ricercare nella granulometria del sedimento raccolto, che è costituito da sabbia mista a fango e non da sabbia fine e ben calibrata come previsto dal metodo (Benthos scheda 1 analisi delle comunità bentoniche di fondi mobili in ambiente marino - in *Metodologie analitiche di riferimento ICRAM- MATTM per il controllo dell'ambiente marino (triennio 2001-2003)*). Il giudizio di qualità non è stato elaborato in quanto la biocenosi non è quella caratteristica delle sabbie fini ben calibrate (totale assenza policheti caratterizzanti sabbie fini; presenza del serpulide *Ditrupa arietina*). Nel mese di novembre è stato effettuato un nuovo campionamento, i cui dati sono stati utilizzati nell'elaborazione qui riportata.

Per Montecristo, invece, nel primo sedimento raccolto non sono stati rinvenuti organismi di macrozoobenthos, mentre nel campione del 2012 erano stati rinvenuti 37 taxa. Come per l'isola del Giglio è stato, quindi, pianificato un secondo campionamento in ottobre ma anche in questo caso sono stati rinvenuti solo 22 taxa. Il giudizio di qualità non è stato elaborato in quanto la biocenosi non è quella caratteristica delle sabbie fini ben calibrate (es. presenza dei policheti *Paradoneis ilvana*, *Levinsenia materi* e *Armandia polyophtalma*). Si evidenzia anche la presenza di *Branchiostoma lanceolatum*, animale che predilige sabbie grossolane che caratterizza ambienti non impattati dalle attività umane e località dove sono presenti piani di protezione ambientale.

Il resto dei dati ottenuti dall'analisi delle altre stazioni è stato utilizzato per il calcolo dell'indice M-AMBI, ottenuto utilizzando il programma AMBI 4.0 (AZTI Marine Biotic Index) e sulla base di una lista specie aggiornata a novembre 2014.

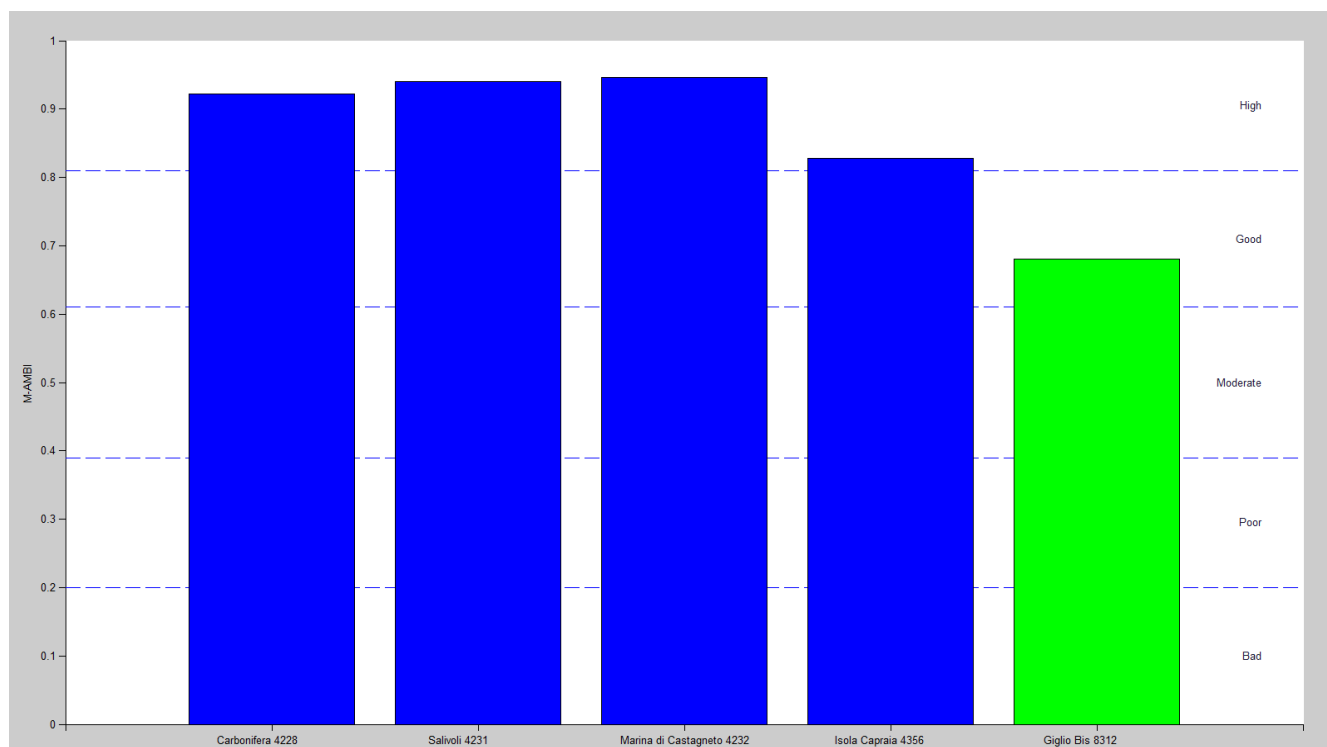
Oltre al prelievo per la determinazione tassonomica del macrozoobenthos, sono state prelevate aliquote per i dati granulometrici e per il carbonio organico totale (TOC): i valori di TOC nei sedimenti superficiali sono sempre risultati < 1% s.s (Tabella 3.2).

Tabella 3.2 - Granulometria del substrato e classe di qualità ecologica: anno 2017

Corpo idrico	Descrizione	Ghiaia	Sabbia	Peliti	H'	S	M-AMBI	Stato
		> 2 mm	tra 2 e 0,063 mm	≤ 0,063 mm				
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0	67,1	32,9	4,52	45	0,95	E
Costa Piombino	Salivoli	0	76,4	23,6	4,08	43	0,94	E
Costa Follonica	Carbonifera	0	74,1	24,9	3,62	44	0,92	E
Arcipelago Isole Minori	Capraia	0,4	98,1	1,4	3,52	33	0,83	E
	Giglio	0,4	98,3	1,2	3,35	18	0,68	B

Il calcolo dell'indice M-AMBI indica (Tabella 3.2 e Figura 3.4) che, delle 5 stazioni monitorate, 4 risultano in classe **ELEVATA**, mentre solo una, Giglio, ricade nello stato ecologico **BUONO**.

Figura 3.4 - Valori indice M-AMBI anno 2017



3.1.3 Macroalghe

Nel 2017 sono state monitorate 5 stazioni relative alla matrice macroalghe. Come per il macrozoobenthos e le angiosperme la cadenza di questo campionamento è triennale

Le comunità superficiali macroalgali costituiscono una memoria spaziale e temporale di un'area: la loro struttura e composizione risponde alla natura, all'intensità e alla durata degli eventuali impatti. In particolare le specie appartenenti al genere *Cystoseira* sono molto sensibili alle variazioni e la loro presenza è associata ad una elevata qualità ecologica. Per questo motivo la presenza di popolamenti a *Cystoseira* (unica eccezione *Cystoseira compressa* considerata più tollerante) è generalmente associata a livelli di sensibilità o *Sensitivity Level*, (SL) massimi. In altri termini uno stato ecologico “elevato” è definito dalla presenza di comunità dominate da alghe brune strutturanti come *Cystoseira sp.*, mentre uno stato “cattivo” è caratterizzato dalla dominanza di specie opportuniste a scarsa complessità morfologica, come le Ulvales (alghe verdi) e le Bangiophycidae (alghe rosse) o Cianobatteri.

Lo strumento base per una corretta applicazione del metodo CARLIT è il supporto cartografico, che può essere costituito da una fotografia aerea oppure da sistemi palmari muniti di GIS.

Su un supporto cartografico si annotano le comunità caratteristiche delle scogliere superficiali rilevate e le situazioni geomorfologiche rilevanti o SGR, corrispondenti alle comunità osservate.

Tabella 3.3 - Descrizione delle comunità e i rispettivi Sensitivity Level (SL) associati.

	Categoria	Descrizione	SL
	Trottoir (concrezioni a marciapiede)	Trottoir di <i>Lithophyllum byssoides</i> (L. trochanter e <i>Dendropoma</i> ¹)	20
Con popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<i>Cystoseira brachycarpa/crinita/elegnas</i>	Popolamenti a <i>C. brachycarpa/crinita/elegnas</i>	20
	<i>Cystoseira</i> in zone riparate	Popolamenti a <i>C. barbata/fonculacea/humilis/spinosa</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 5	Cinture continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 4	Cinture quasi continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	19
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 3	Popolamenti abbondanti a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	15
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 2	Popolamenti scarsi a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	12
	<i>Cystoseira compressa</i>	Popolamenti a <i>C. compressa</i>	12
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 1	Rare piante isolate di <i>C. amentacea/mediterranea</i> ²	10
	<i>Dictyotales/Stypocaulaceae</i>	Popolamenti a <i>Padina/Dictyota/Dictyopteris/Taonia/Stypocaulon</i>	10
	<i>Corallina</i>	Popolamenti a <i>Corallina elongata</i>	8
	Corallinales incrostanti	Popolamenti a <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> e altre Corallinales incrostanti	6
	Mitili	Popolamenti a <i>Mitilus galloprovincialis</i>	6
	<i>Pterocladella/Ulva/Schizymenia</i>	Popolamenti a <i>Pterocladella/Ulva/Schizymenia</i>	6
	<i>Ulva/Cladophora</i>	Popolamenti a <i>Ulva</i> e/o <i>Cladophora</i>	3

Sensibilità ecologica tipiche piante a <i>Cystoseira</i>	Cianobatteri/ <i>Derbesia</i>	Popolamenti dominati da Cyanobatteria e/o <i>Derbesia tenuissima</i>	1
	<i>Posidonia – récif</i>	Praterie affioranti di <i>Posidonia oceanica (récif)</i>	20
	<i>Cymodocea nodosa</i>	Praterie superficiali di <i>Cymodocea nodosa</i>	20
	<i>Nanozostera noltii</i>	Praterie superficiali di <i>Nanozostera noltii</i>	20

¹ Formazioni organogene tipiche della Sicilia e di altre regioni dell'Italia meridionale

² In caso di presenza di rare piante isolate di *Cystoseira amentacea/mediterranea*, si annota anche la comunità dominante (valore di sensibilità risultante: valore medio)

Arcipelago Toscano Isola d'Elba - Elba Nord.

I popolamenti maggiormente rappresentati sono *Cystoseira compressa* (48,7%) e *Corallina* (26,9%), seguito dal *Dictyotales/Stypocaulaceae* (19,9%) e da *Lytrophyllum* (4,5%). La stazione risulta essere in classe **ELEVATA** (RQE = 0,76).

Arcipelago Toscano Isola d'Elba - Elba Sud. - I popolamenti maggiormente rappresentati sono quelli a *Cystoseira compressa* e *Dictyotales/Stypocaulaceae*, con valori intorno al 40%. Seguono quelli di *Cystoseira amentacea* a piccole chiazze (C2) con un valore di circa il 4%, quella a grande chiazze (C3) intorno al 6% e di Corallinacea (circa il 5%). Da segnalare inoltre una, seppur minima presenza di *Lytrophyllum* con percentuali pari all' 1%. Per quanto riguarda la qualità ecologica questa stazione di campionamento presenta valori di RQE pari a 0,73 e rientra quindi in classe ecologica **BUONA**.

Arcipelago Toscano Isole Minori - Giglio. - I popolamenti maggiormente rappresentati sono *Cystoseira amentacea* a grande chiazze (C3) (32,3%) e *Dictyotales/Stypocaulaceae* (oltre il 18%). Queste sono seguite da *Cystoseira amentacea* a cintura (C4) (circa il 18%) e a piccole chiazze (C2) (12,8%). Il valore di indice di qualità ecologica permette di classificare questa stazione in qualità **ELEVATA** in quanto pari a 0,88.

Arcipelago Toscano Isole Minori – Montecristo.- Il popolamento maggiormente rappresentato è quello *Cystoseira amentacea* a cintura (C4), con valori prossimi al 5%, mentre i popolamenti a *Cystoseira amentacea* C5 raggiungono circa il 25%. La *Cystoseira amentacea* a grandi chiazze (C3) è invece pari al 22,8%. Il valore di RQE è pari a 1,17 indicando, quindi una classe di qualità **ELEVATA**. Tale valore

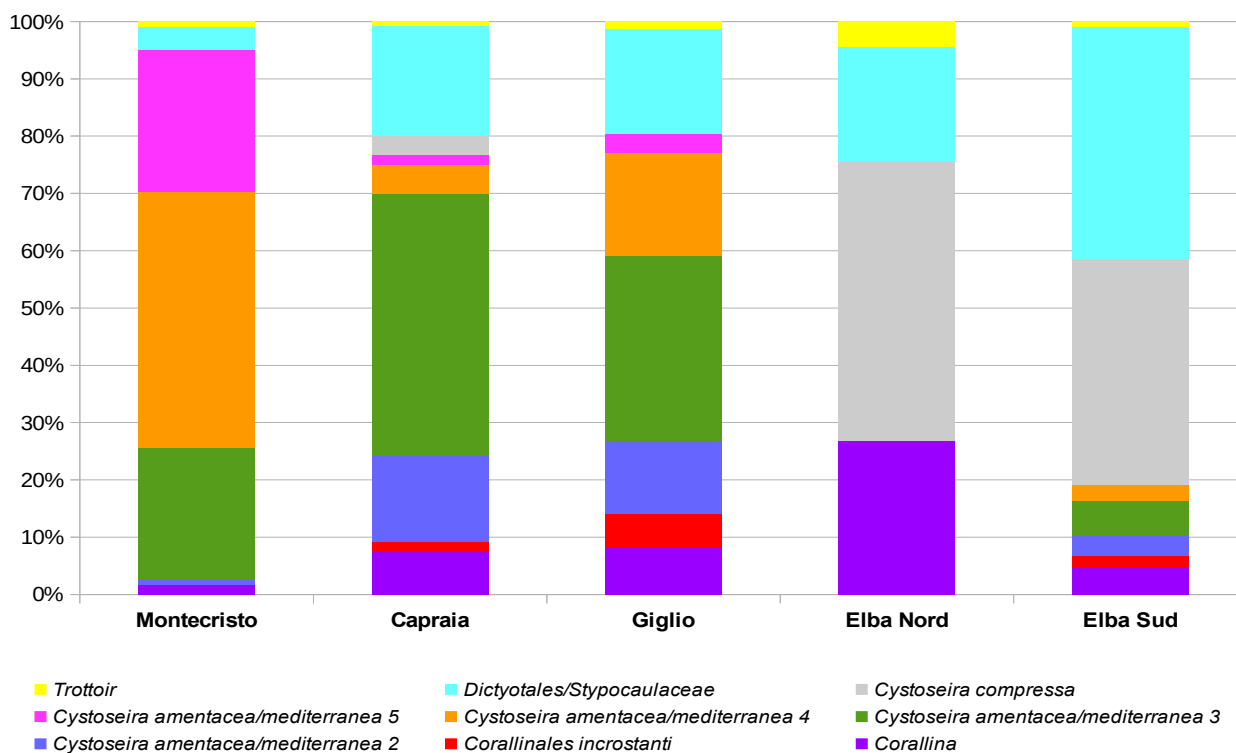
risulta essere il più alto registrato in tutte le stazioni campionate nel 2017.

Arcipelago Toscano Isole Minori - Capraia– Il popolamento di macroalghe è costituito prevalentemente da *Cystoseira amentacea* a grandi chiazze (C3), oltre il 45%; *Dictyotales/Stypocaulaceae* ha valori di 19,2%, *Cystoseira amentacea* a piccole chiazze (C2) raggiunge una percentuale pari al 15% mentre *Corallina* 7,5%.

Il valore di RQE è di 1,05, equivalente a uno stato di qualità **ELEVATA**.

Come si può osservare dalla Figura 3.3 i popolamenti presenti nelle diverse stazioni risultano essere diversificati sia a livello qualitativo sia a livello quantitativo. Per quanto riguarda Elba Sud i due popolamenti che predominano sono *Dictyotales/Stypocaulaceae* e *Cystoseira compressa* che rappresentano insieme più dell'80% di tutti i popolamenti presenti. Nella stazione Elba Nord si ha una predominanza di *Cystoseira compressa*, *Corallina* e *Dictyotales/Stypocaulaceae* che superano, nel complesso, il 95%. Capraia e Giglio sono caratterizzate da una maggiore diversificazione dei popolamenti rinvenuti mentre a Montecristo *Cystoseira amentacea* a cintura (C4), quella a grandi chiazze (C3) e la C5 superano il 92%. Da segnalare inoltre la presenza di una quantità, seppur spesso minima, di *Lytophyllum* (Troittoir) in tutte le stazioni campionate.

Figura 3.5 - Struttura della comunità macroalgale in percentuale di riempimento 2017



In Tabella 3.4 sono riassunti i dati RQE CARLIT per l'anno 2017. Come è possibile vedere in generale la qualità degli ambienti indagati risulta attestarsi su valori molto buoni con tutte le stazioni, ad eccezione di Elba Sud, che presentano valori di qualità ecologica elevati. In ogni caso anche Elba Sud presenta comunque una qualità ecologica buona.

Tabella 3.4 - EQR relativi e stato ambientale relativo all'indice CARLIT: anno 2017

Corpo idrico		RQE Carlit	Stato
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,76	E
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,73	B
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,88	E
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	1,17	E
Arcipelago Isole Minori	Capraia	1,05	E

3.1.4 Angiosperme

Nell'anno 2017 sono state campionate 4 stazioni per lo studio della *Posidonia oceanica*: Albegna, Ansedonia, Giglio e Capraia. Come per il macrozoobenthos e le macrofite, la cadenza di questo campionamento è triennale. Oltre al prelievo di fasci di posidonia, per le successive analisi di laboratorio (fenologia e lepidocronologia), sono stati prelevati 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 15m include la definizione di 3 aree (400m² 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), a 15 m di profondità e di circa 400 m², 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 m². 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 la 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 Dlgs 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/m²); la superficie fogliare fascio, (cm²/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.

Costa Albegna – Foce Albegna

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo discontinua, su *matte* e mista per la presenza di abbondante *Caulerpa prolifera*; il ricoprimento è circa il 65 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere 178,7 (fasci/m²); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come disturbata con una densità bassa. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 4,6 (adulte e intermedie); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 39,9 cm circa, quelle intermedie di 20,4 cm e quelle giovanili di 1,8 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di appena 18 m e si presenta di tipo netto (codice 0). La densità dei fasci è stimata in 82,3 (fasci/m²) e il ricoprimento di *posidonia* viva è il 70%. Anche il valore della densità calcolato a 18 m di profondità conferma la classificazione di prateria disturbata con una densità anormale, in questo caso. 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 **0,465** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **SUFFICIENTE**.

Costa Burano - Ansedonia

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo discontinua, pura, su un substrato misto di *matte* e sabbia; il ricoprimento è del 75 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere circa 273,1 (fasci/m²); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come in equilibrio con una densità normale. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 5,4 (adulte e intermedie); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 66,5 cm circa, quelle intermedie di 13,9 cm e quelle giovanili di 2,2 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di circa 23 m e si presenta in regressione (codice -3,

limite regressivo). La densità dei fasci è stata calcolata di 178,1 (fasci/m²) e il ricoprimento di posidonia viva è il 65%. Anche il valore della densità calcolato a 23 m di profondità conferma la classificazione di prateria in equilibrio con una densità normale.

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 **0,590** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **BUONO**.

Arcipelago Isole Minori – Giglio

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo continua, pura, su un substrato sabbioso; il ricoprimento è del 97,5 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere circa 353,3 (fasci/m²); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come in equilibrio con una densità normale. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 4,7 (adulte e intermedie); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 74,5 cm circa, quelle intermedie di 36,1 cm e quelle giovanili di 1,2 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di circa 23 m e si presenta in progressione (codice 3, limite progressivo). La densità dei fasci è stata calcolata di 366,67 (fasci/m²) e il ricoprimento di posidonia viva è il 82,5%. Anche il valore della densità calcolato a 23 m di profondità conferma la classificazione di prateria in equilibrio con una densità, in questo caso, eccezionale.

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 **0,768** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **BUONO**.

Arcipelago Isole Minori – Capraia

In corrispondenza della stazione a 15 metri la prateria di *P. oceanica* è di tipo continua, pura, su un substrato sabbioso; il ricoprimento è del 97,5 %. La densità assoluta dei fasci risulta essere circa 435,0 (fasci/m²); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come in equilibrio con una densità normale. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica hanno mostrato un numero medio di foglie pari a 3,8 (adulte e intermedie); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 73,5 cm circa, quelle intermedie di 31,8 cm e quelle giovanili di circa 2 cm.

Il limite inferiore raggiunge una profondità massima di circa 35 m e si presenta in regressione (codice -3, limite regressivo). La densità dei fasci è stata calcolata di 148,96 (fasci/m²) e il ricoprimento di posidonia viva è il 82,5%. Anche il valore della densità calcolato a questa profondità conferma la classificazione di

prateria in equilibrio con una densità normale.

Per questa stazione non si sono effettuate analisi di lepidocronologia su fasci prelevati lungo il limite inferiore.

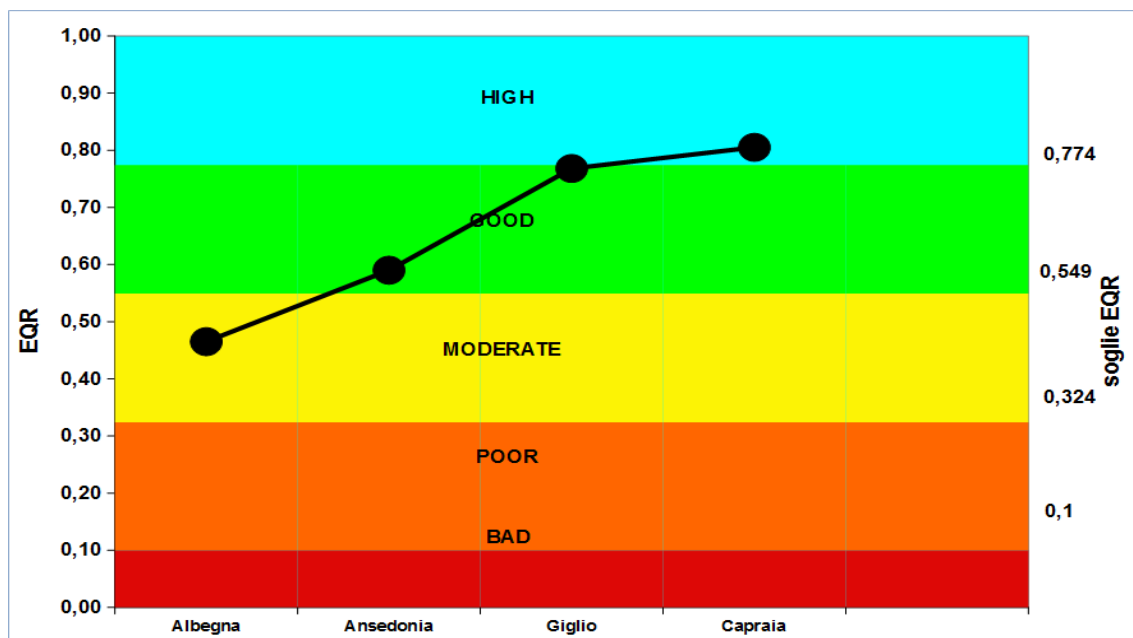
Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,805** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **ELEVATA**.

Tabella 3.5 - Valori di alcuni parametri e dell'indice PREI calcolati nei siti indagati

Corpo idrico	Stazione	Parametri	Dati	PREI	
				EQR	Stato
Costa Albegna	Foce Albegna	Densità (fascio/m²)	178,75	0,465	S
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	132,66		
		Prof limite inf (m)	18,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	95,88		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	921,6		
		Tipo di limite (λ) (*)	0		
Costa Burano	Ansedonia	Densità (fascio/m²)	237,08	0,590	B
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	237,45		
		Prof limite inf (m)	22,1		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	97,71		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1058,06		
		Tipo di limite (λ) (*)	-3		
Arcipelago Isole Minori	Giglio	Densità (fascio/m²)	353,33	0,768	B
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	300,52		
		Prof limite inf (m)	23,4		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	132,21		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1531,4		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
	Capraia	Densità (fascio/m²)	435,0	0,805	E
		Superficie fogliare (cm²/fascio)	231,09		
		Prof limite inf (m)	35,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	85,36		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1520,06		
Tipo di limite (λ) (*)		-3			
-3= limite regressivo; 0=limite netto; 3=limite progressivo o erosivo					

I dati di alcuni dei parametri utilizzati per il calcolo dell'Indice PREI e la relativa classe di qualità calcolata nei 4 siti indagati nel 2017 sono indicati nella Tabella 3.5 e Figura 3.6.

Figura 3.6 - Valori indice PREI anno 2017



Per migliorare l'interpretazione dei risultati nella stazione intermedia e in quella inferiore di ciascun sito monitorato vengono prelevati campioni per l'analisi granulometria; i risultati di tali indagini sono riportati in Tabella 3.6.

Tabella 3.6 - 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 Albegna	Foce Albegna: limite inferiore	19,3	25,7	55
	Foce Albegna: stazione intermedia	12	14,6	73,4
Costa Burano	Ansedonia: limite inferiore	12,5	34,6	52,9
	Ansedonia: stazione intermedia	1,2	82,2	16,6
Arcipelago Isole Minori	Giglio: limite inferiore	1,8	95,8	2,4
	Giglio: stazione intermedia	10,7	68	21,3
	Capraia: limite inferiore	15,2	62,2	22,6
	Capraia: stazione intermedia	15,2	19,1	65,7

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.

3.1.5 Elementi di qualità fisico-chimica a sostegno e idromorfologici

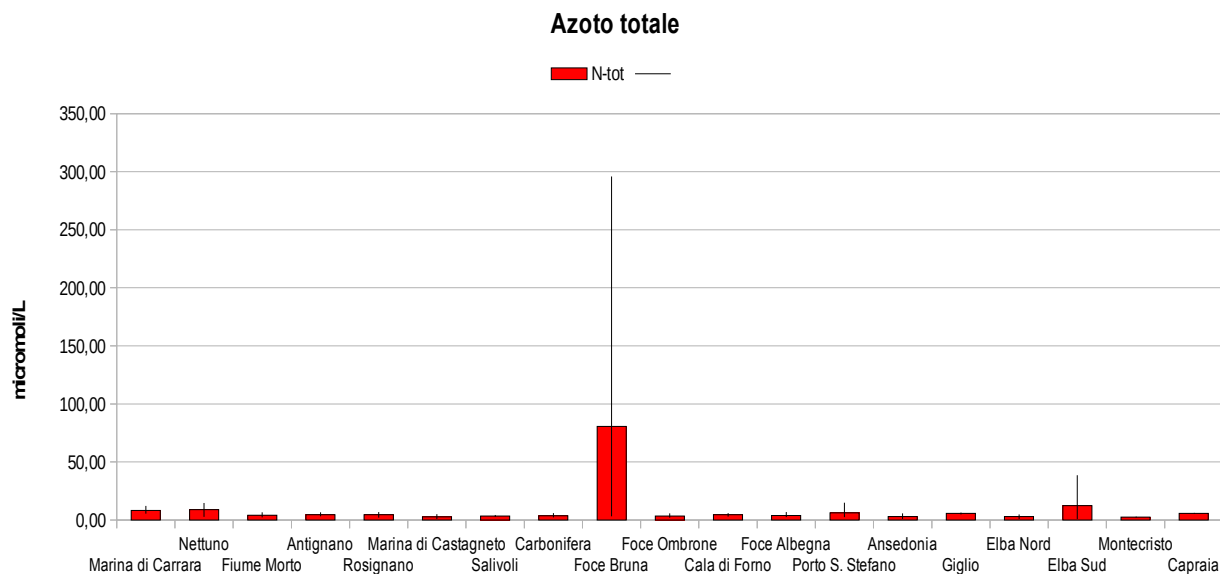
Durante le campagne di monitoraggio vengono acquisiti i profili verticali con sonda multiparametrica di tutte le stazioni: i parametri indagati sono temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a*. L'acquisizione dei dati viene effettuata con un passo di un metro in modo da evidenziare 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

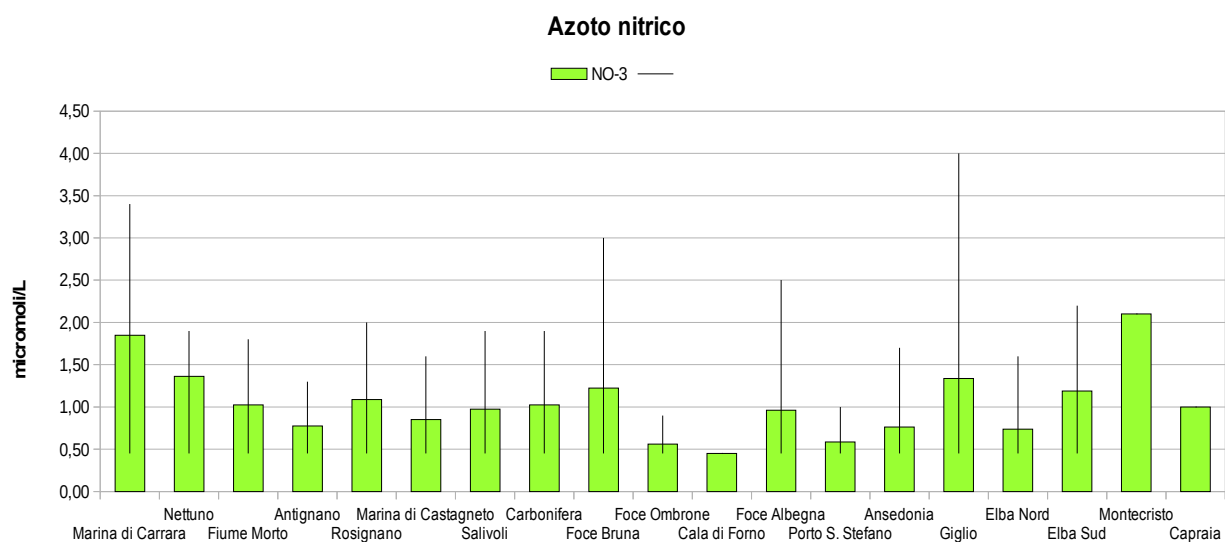
I dati di azoto totale evidenziano una concentrazione più alta alle foci dei fiumi e all'Elba Sud: il valore medio massimo di azoto totale è di 80,70 $\mu\text{mol/L}$, mentre il valore massimo di concentrazione assoluto nell'anno è di 296 $\mu\text{mol/L}$ (settembre 2016) entrambi relativi alla Foce del Fiume Bruna, come illustrato dalla Figura 3.7.

Figura 3.7 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto totale



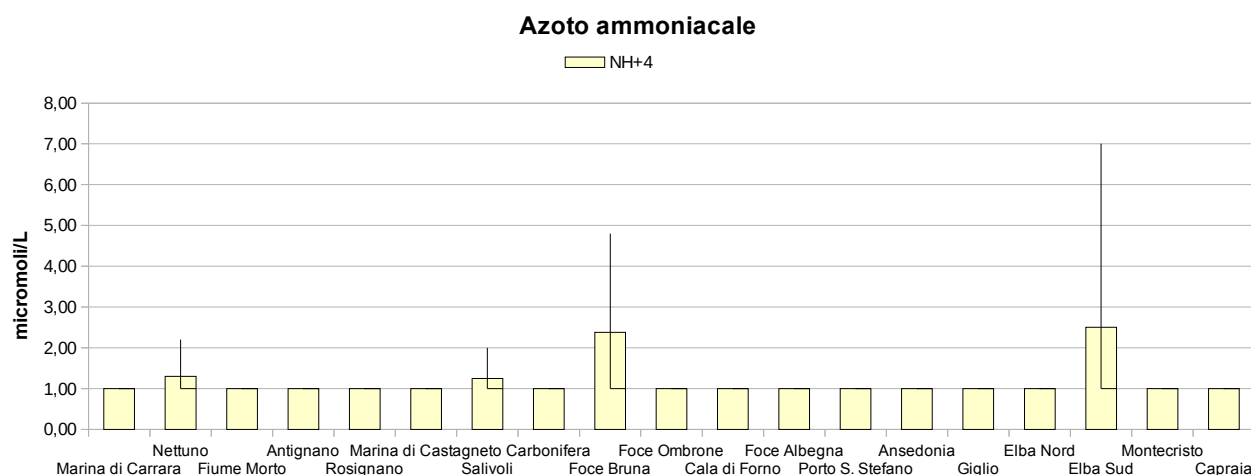
Per quanto riguarda invece l'azoto nitrico le concentrazioni media più alte sono di 2,10 µmol/L (Montecristo) e 1,85 µmol/L (Marina di Carrara) mentre la concentrazione più alta analizzata nel 2017 di 4,00 µmol/L (isola del Giglio) (Figura 3.8).

Figura 3.8 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitrico



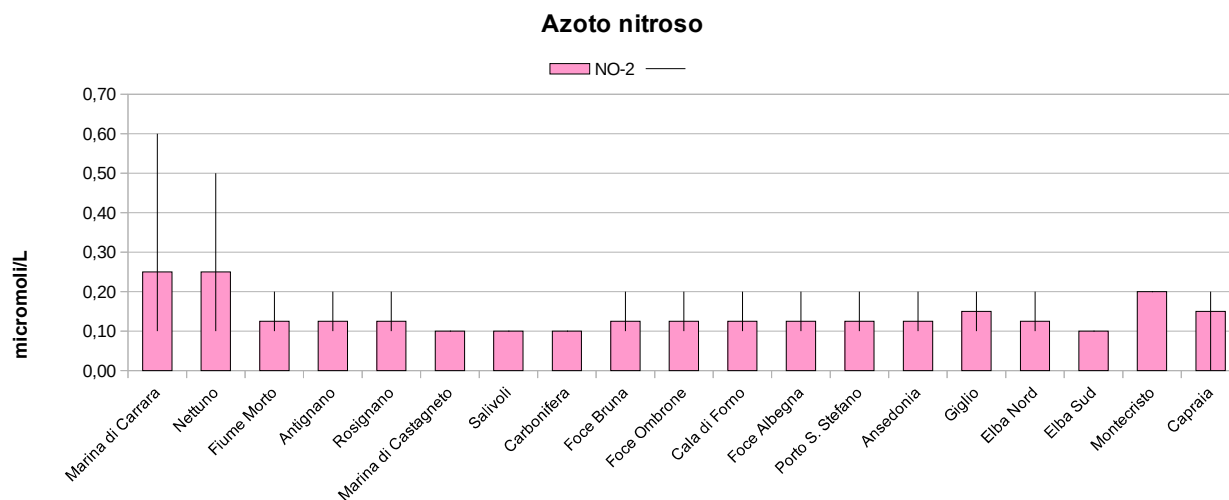
L'azoto ammoniacale (Figura 3.9) è presente a Nettuno, Salivoli, foce del Bruna e Elba Sud: nelle altre stazioni è sempre al sotto del limite di quantificazione ovvero 2 $\mu\text{mol/L}$ (per effettuare le medie il limite di quantificazione è stato sostituito con la metà del limite, come indicato dalla 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 Elba Sud e sono quantificati rispettivamente in 2,50 e 7,00 $\mu\text{mol/L}$.

Figura 3.9 -Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitrico



Anche l'azoto nitroso presenta una concentrazione media più alta nelle stazione a nord con un massimo a Marina di Carrara di 0,60 $\mu\text{mol/L}$ e un valore medio 0,25 $\mu\text{mol/L}$ (Marina di Carrara e Nettuno), come indicato in Figura 3.10

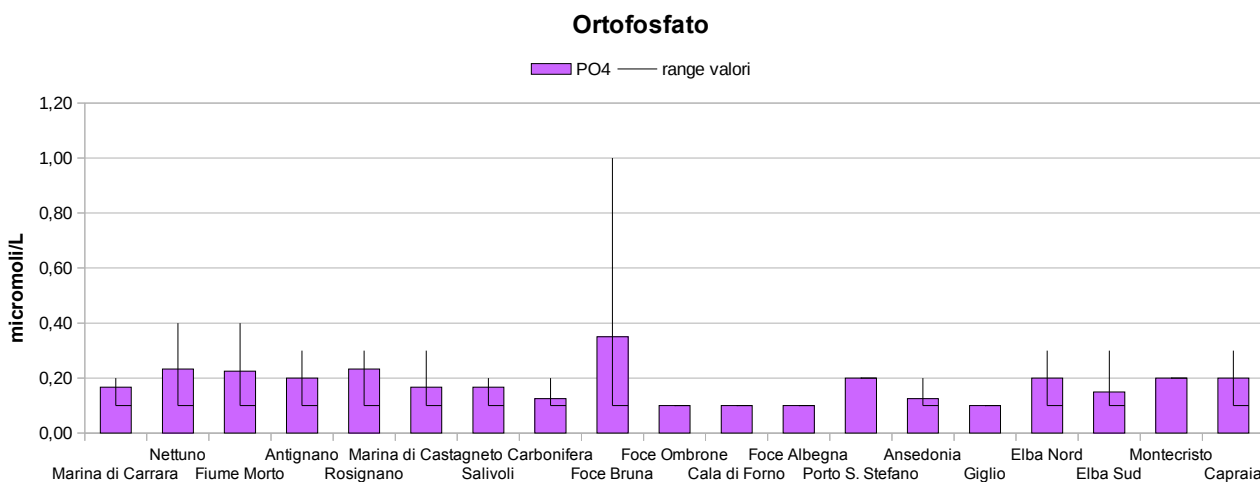
Figura 3.10 - Concentrazione media e valori minimo e massimo di azoto nitroso



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 1,1 $\mu\text{mol/L}$ (Marina di Carrara, ottobre).

L'ortofosfato presenta il valore medio di concentrazione più alto nella stazione di Foce Bruna con valore pari a 0,35 $\mu\text{mol/L}$ e un valore massimo pari a 1 $\mu\text{mol/L}$ entrambi i dati ottenuti dall'analisi del campione di settembre (Figura 3.11).

Figura 3.11 - 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 3.7, i valori medi annuali dell'indice trofico TRIX non superano mai il valore soglia.

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

Tabella 3.7 - Valori medi annuali dell'Indice TRIX: anno 2017

Corpo idrico	Descrizione	TRIX 2017
Costa Versilia	Marina di Carrara	3,8
Costa del Serchio	Nettuno	3,8
Costa Pisana	Fiume Morto	3,7

Corpo idrico	Descrizione	TRIX 2017
Costa Livornese	Antignano	2,8
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	2,4
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	2,6
Costa Piombino	Salivoli	2,6
Costa Follonica	Carbonifera	2,0
Costa Punta Ala	Foce Bruna	3,0
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2,4
Costa Uccellina	Cala di Forno	2,5
Costa Albegna	Foce Albegna	2,5
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	2,8
Costa Burano	Ansedonia	3,1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2,6
	Elba Sud	2,7
Arcipelago Isole Minori	Giglio	2,4
	Montecristo	2,8
	Capraia	2,4

3.1.6 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 14 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

Tabella 3.8 - Metalli non appartenenti all'elenco di priorità: anno 2017

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

I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale, così ottenuti, sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella Tab. 1/B del D.Lgs 172/2015. (Tabella 3.8). Essendo poi le sostanze di sintesi monitorate tutte al di sotto del limite di quantificazione, si ritiene di poter affermare che la classe relativa a questo gruppo di parametri sia da considerarsi **ELEVATA**.

3.2. Stato chimico

3.2.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità

Nel 2017 sono stati prelevati 71 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 14 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

In Tabella 3.9 e Tabella 3.10 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 Annuale) 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 né per il cadmio.

Per quanto riguarda il mercurio, alcune stazioni del centro - sud toscana superano il valore del SQA-CMA ma solo due sono da considerarsi non conformi in quanto presentano concentrazioni al di sopra dei valori di fondo naturali indicati dalla **DGRT 264/2018**: Marina di Salivoli che in novembre ha una concentrazione di mercurio pari 0,11 µg/L e Foce Albegna che nel mese di luglio ha una concentrazione pari a 0,41 µg/L.

Tabella 3.9 - Sostanze prioritarie e prioritarie pericolose: metalli

Corpo idrico	Stazione	Colonna d'acqua (Tab. 1/A) D.Lgs 172/2015						Valori di Fondo DGRT 264/2018	
		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	4	0,1	1,4	< 1	0,01		0,09	0,3
Costa del Serchio	Nettuno	4	0,1	1,7	< 1	0,02		0,09	0,3
Costa Pisana	Fiume Morto	4	0,2	0,9	< 1	0,01		0,09	< SQA
Costa Livornese	Antignano	4	< 0,05	1,6	< 1	< 0,01		0,04	0,3
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	4	0,1	3,9	< 1	< 0,01		0,04	0,5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	4	< 0,05	1,6	< 1	0,01		0,04	< SQA
Costa Piombino	Mar. di Salivoli	4	0,1	1,2	< 1	0,03	0,11 (nov.)	0,04	< SQA
Costa Follonica	Carbonifera	4	< 0,05	2,3	< 1	0,04	0,08* (lug.)	0,14	0,3
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	4	< 0,05	2,1	< 1	0,04	0,07* (nov.)	0,14	< SQA
Costa Ombrone	Foce Ombrone	4	< 0,05	0,8	< 1	0,03	0,08* (nov.)	0,26	< SQA
Costa Uccellina	Cala di Forno	4	< 0,05	1,1	< 1	0,03	0,12* (lug.)	0,26	0,3
Costa Albegna	Foce Albegna	4	< 0,05	1	< 1	0,15	0,41 (lug.)	0,26	0,3
Costa Argentario	Porto S. Stefano	4	< 0,05	2	< 1	0,01		0,26	< SQA
Costa Burano	Ansedonia	4	0,1	2,2	< 1	0,03		0,26	0,3
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	4	< 0,05	1,2	< 1	< 0,01		0,04	< SQA
	Elba Sud	4	< 0,05	1,6	< 1	< 0,01		0,09	< SQA
Arcipelago Isole Minori	Giglio	4	< 0,05	3,3	< 1	< 0,01		ND	ND
	Montecristo	1	< 0,05	1,7	< 1	< 0,01		0,04	< SQA
	Capraia	2	< 0,05	5,1	< 1	< 0,01		0,04	0,3

In grassetto rosso: valori che superano i valori di fondi o dove non presenti gli SQA (D.Lgs 172/2015)

* : valori che superano gli SQA (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 24 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 tabella 1/A fissa come Standard di Qualità Ambientale per il TBT la concentrazione media annua di 0,0002 µg TBT/L e la concentrazione massima ammissibile di 0,0015 µg TBT/L.

Il limite richiesto per questo composto è molto basso tanto da rivelare un' inadeguata sensibilità del metodo di analisi per il TBT in acqua pertanto la media annua non è stata considerata per le valutazioni dello stato chimico. In alcune stazioni, però è stato rilevato almeno un valore maggiore della concentrazione massima ammissibile **SQA - CMA** (standard di qualità ambientale come concentrazione massima ammissibile): **tali valori sono stati utilizzati per la valutazione dello stato chimico (Tabella 3.10).**

Tabella 3.10 - Sostanze prioritarie pericolose: TBT e di(2-etilesilftalato) o DEHP

Corpo idrico	Stazione	N°	Colonna d'acqua (Tab. 1/A)			
			TBT µg/L	TBT µg/L	DEHP µg/L	BaP µg/L
			SQA-CMA	SQA-MA	SQA-MA	SQA-MA
			0,0015	0,0002	1,3	0,00017
Costa Versilia	Marina di Carrara	4	0,0019 (maggio) 0,0027 (luglio) 0,0016 (settembre)	0,0017	1,6	0,00021
Costa del Serchio	Nettuno	4		0,0007	0,5	0,00017
Costa Pisana	Fiume Morto	4	0,0021 (maggio)	0,0010	< 0,4	0,00008
Costa Livornese	Antignano	4	0,0018(maggio) 0,0017(settembre)	0,0011	0,4	0,00015
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	4	0,0020 (maggio) 0,0051 (luglio) 0,0022 (settembre)	0,0024	0,5	0,00011
Costa del Cecina	Marina Castagneto	4		0,0008	< 0,4	< 0,00005
Costa Piombino	Marina di Salivoli	4		0,0005	0,5	0,00012
Costa Follonica	Carbonifera	4		0,0003	< 0,4	0,00005
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	4		0,0005	0,7	< 0,00005
Costa Ombrone	Foce Ombrone	4		0,0004	< 0,4	0,00008
Costa Uccellina	Cala di Forno	4		0,0002	0,4	< 0,00005
Costa Albegna	Foce Albegna	4	0,0043 (novembre)	0,0026	1,5	0,00009
Costa Argentario	Porto S. Stefano	4	0,0018 (giugno) 0,0076 (settembre)	0,0015	0,6	0,00012
Costa Burano	Ansedonia	4		0,0006	0,5	< 0,00005
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	4		0,0012	< 0,4	0,00091
	Elba Sud	4		0,0005	< 0,4	< 0,00005
Arcipelago Isole Minori	Giglio	4		0,0004	0,9	0,00180
	Montecristo	1	0,0690 (luglio)	0,0690	1,0	< 0,00005
	Capraia	2		0,0002	1,0	0,00043

In grassetto e rosso : valori che superano gli SQA (D.Lgs 172/2014)

TBT :tributilstagno ; DEHP: di(2-etilesilftalato); BaP: benzo [a] pirene

La media annuale delle concentrazioni di TBT è in tutte le stazioni superiore allo standard ambientale tranne che nella stazione di Cala di Forno e di Capraia.

Tra le stazioni monitorate, sette presentano anche il superamento dello SQA – CMA: questi superamenti si sono avuti prevalentemente nei mesi estivi: 3 volte per Costa Versilia (Marina di Carrara) e Costa Rosignano (Rosignano), 2 volte per Costa livornese (Antignano) e Costa Argentario (Porto Santo Stefano), 1 volta per Costa Pisana (Fiume Morto), nel mese di maggio, per Costa Albegna (Foce Albegna).

in novembre e infine per Arcipelago Isole Minori (Isola di Montecristo). (Tabella 3.10).

Il dato di Montecristo, ottenuto durante un'unica campagna di prelievo eseguita nel mese di luglio in concomitanza con i campionamenti delle macroalghe, è un dato anomalo che non ha riscontri negli anni passati e che non è stato confermato da successivi campionamenti. Si ritiene pertanto che non sia rappresentativo dello stato delle acque di questo punto di monitoraggio e quindi, in attesa di ulteriori approfondimenti, da non considerare ai fini della classificazione chimica.

Il **di(2-etilesilftalato)** o **DEHP** presenta superamenti dello standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA) nella stazione di Marina di Carrara (Costa Versilia) e Foce Albegna (Costa Albegna).

Le concentrazioni di **benzo [a] pirene** o **BaP**, un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia inorganica e del legname, non superano mai nelle stazioni monitorate il SQA- CMA pari a 0,12 µg/L, ma SQA-MA viene superato da Marina di Carrara (Costa Versilia), Elba Nord (Arcipelago Isola d'Elba), Giglio e Capraia (Arcipelago Isole Minori). Nel caso di Elba Nord, Giglio e Capraia il superamento è riferito ad un campione su quattro analizzati.

Per quanto riguarda il **fluorantene** e gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**, il **difeniletere bromato (PBDE)**, il **nonilfenolo** e **ottilfenolo**, 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.

3.3. Biota

In attesa delle linee guida per l'implementazione del decreto legislativo D.lgs 172/15, poi pubblicato nell'ottobre del 2016, ARPAT ha proposto alla Regione Toscana un programma sperimentale per la verifica delle pericolose sul biota in acque marine.

Tale programma era suddiviso in due parti in base alle matrici da monitorare:

Molluschi: sono stati utilizzate le postazioni di prelievo dei mitili previsti dalla rete VTM, vita molluschi e monitorati 4 corpi idrici: Costa del Serchio, Costa Follonica, Costa Punt'Ala, Costa Argentario.

Pesci: sono state campionate 13 aree marine con un unico campionamento nel periodo aprile-novembre. Le aree previste sono state Costa della Versilia, Costa Pisana, Costa Livornese, Costa di Rosignano, Costa del Cecina, Costa Piombino, Costa di Punt'Ala, Costa Ombrone, Costa dell'Uccellina, Costa Albegna, Costa Argentario e Arcipelago-Isole minori. Il dettaglio è riportato in Tabella 3.11.

Tabella 3.11 - Monitoraggio biota 2017

Corpo idrico	Pesce	Parametri ricercati	Stazione	Molluschi bivalvi	Parametri ricercati
Costa Versilia	<i>Liza ramada</i>	1. Mercurio 2. DDT totale 3. PCDF+PCDD+PCB-DL 4. Esaclorobenzene 5. Esaclorobutadiene 6. PFOS e suoi sali 7. Dicofol			1. Fluorantene 2. Benzo[a]pirene 3. PCDF+PCDD+PCB-DL
Costa del Serchio	<i>Liza ramada</i>		Nettuno	<i>Mitylus galloprovincialis</i>	
Costa pisana	<i>Liza ramada</i>				
Costa livornese	<i>Liza ramada</i>				
Costa Rosignano	<i>Liza saliens</i>				
Costa del Cecina	<i>Liza saliens</i>				
Costa Piombino	<i>Liza aurata</i>				
Costa Follonica			Carbonifera	<i>Mitylus galloprovincialis</i>	
Costa Punt'Ala	<i>Liza ramada</i>		Foce Bruna	<i>Mitylus galloprovincialis</i>	
Costa Ombrone	<i>Liza ramada</i>				
Costa Uccellina	<i>Liza ramada</i>				
Costa Albegna	<i>Liza ramada</i>				
Costa Argentario			Porto S.Stefano	<i>Mitylus galloprovincialis</i>	
Costa Burano	<i>Liza ramada</i>				
Arcipelago Isole Minori (Capraia)	<i>Chelon labrus</i>				

3.3.1 *Mytilus galloprovincialis*

I campionamenti dei mitili 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 **140 individui** di taglia omogenea compresa tra il 70 e il 90% della media delle taglie massime osservate.

Sono stati prelevati 10 campioni di *Mytilus galloprovincialis* per le analisi chimiche. Le analisi vengono condotte sull'intero tessuto molle dell'animale, in accordo con il regolamento sugli alimenti n.1881/2006/EC.

Le analisi richieste per i mitili sono il fluorantene, benzo[a]pirene e le diossine e i composti diossina simili.

Le concentrazioni rilevate per il **fluorantene** e il benzo[a]pirene sono in tutte le stazioni monitorate minori del limite di quantificazione rispettivamente $< 10 \mu\text{g/kg}$ e $< 1 \mu\text{g/kg}$.

Sono state inoltre condotte indagini sulle dibenzo-p-diossine policlorurate (PCDD) e dibenzofurani policlorurati (PCDF) e sui composti diossina simili.

Per questa tipologia di sostanze il D.lgs 172/2015 stabilisce uno standard di qualità ambientale per il biota pari a $6,5 \text{ ngTEQ/kg}$ per la somma PCDF+PCDD+PBC-DL, e, secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, afferma di far riferimento al Regolamento (UE) n. 1259/2011, che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi per i PCB diossina simili e i PCB non diossina simili nei prodotti alimentati. In tale Regolamento della commissione europea la nota 32 indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore upper bound, cioè il valore del limite di quantificazione del metodo analitico (LOQ). Il limite di quantificazione di upper bound del metodo utilizzato da ARPAT per la determinazione di PCDF e PCDD, pari a $5,3 \text{ ng/Kg WHO-TEQ}$, mentre quello per il parametro PCB-DL si attesta su un valore più basso di $0,2 \text{ ng/Kg WHO-TEQ}$; in sostanza la somma dei due contributi risulta essere molto vicino allo SQA ($6,5 \text{ ng/Kg}$). In definitiva il fatto che i livelli massimi siano fissati come livelli upper bound non consente una valutazione accurata di un eventuale superamento del limite del parametro somma di PCDF+PCDD+PBC-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ.

I policlorobifenili (PCB) sono una classe di composti organici con struttura assimilabile al bifenile i cui atomi di idrogeno possono essere sostituiti con atomi di cloro. Tali sostanze, sintetizzate all'inizio del secolo scorso, sono state prodotte commercialmente fin dal 1930, ma poi a partire da 1985 ne fu vietato il commercio a causa della loro tossicità e della loro tendenza a bioaccumularsi.

Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti **PCB diossina simili, indicati anche come PCB-DL**, e sono PCB 169, 126, 77, 81, 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189; i risultati del monitoraggio di questi composti sono riportati in Tabella 3.12.

Tabella 3.12 - Dati analitici relativi alle sostanze organo alogenate PCB diossina simili 2017

Stazione	PCB 77	PCB 81	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 126	PCB 156	PCB 157	PCB 167	PCB 169	PCB 189
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Nettuno	0,065	0,003	1,500	0,003	4,500	0,003	0,003	0,320	0,076	0,320	0,003	0,014
Carbonifera	< 0,003	< 0,003	0,023	< 0,003	0,053	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,008	< 0,003	< 0,003
Foce Bruna	< 0,003	< 0,003	0,140	< 0,003	0,290	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Porto S. Stefano	0,033	< 0,003	0,510	< 0,003	1,400	< 0,003	< 0,003	0,180	0,052	0,160	< 0,003	0,016

3.3.2 Pesci

La specie ittica proposta è il muggine, ovvero cefalo, (possibilmente *Liza ramada* o *Chelon labrus*) con taglia da 250 a 500 g. Il gruppo di esperti ARPAT ha preferito indicare queste due specie di cefalo a quelle suggerite dalle linee guida in quanto molto più comuni mentre è stata esclusa la triglia in quanto nella fascia costiera raramente supera un anno di età. Un esemplare di muggine di 250 g è lungo 31 cm ed ha circa 4 anni; pertanto può essere sufficiente campionare anche 1 solo esemplare per le determinazioni analitiche. I pesci necessari per le analisi sono stati acquistati dai pescatori professionisti che operano nei corpi idrici prescelti, registrando le coordinate del luogo di pesca, e sono stati mantenuti congelati fino al trasferimento nei laboratori per le analisi.

Le analisi sono effettuate sul pesce intero: questa è ritenuta l'opzione più semplice e conservativa ma può portare a sovrastimare il rischio per la salute umana; inoltre nel caso in cui sia possibile avere un campione rappresentativo della totalità del pesce, anche di dimensioni rilevanti, questa scelta permette di armonizzare il monitoraggio di specie diverse.

I dati più rilevanti delle analisi condotte dal Dipartimento ARPAT di Livorno sono riportate in Tabella 3.13.

Mercurio. Le analisi condotte su pesci campionati nei 13 corpi idrici hanno indicato una situazione di bioaccumulo di mercurio su tutta la costa con particolare rilievo in Costa Piombino con 109 µg/kg di questa sostanza ; la concentrazione minima, sebbene sempre più alta del SQA-Biota è Costa Pisana con 33 µg/kg.

Sono state inoltre condotte indagini sulle dibenzo-p-diossine policlorurate (PCDD) e dibenzofurani policlorurati (PCDF) e sui composti diossina simili.

Per questa tipologia di sostanze il D.lgs 172/2015 stabilisce uno standard di qualità ambientale per il biota pari a 6,5 ngTEQ/kg per la somma PCDF+PCDD+PBC-DL, e, secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, afferma di far riferimento al Regolamento (UE) n. 1259/2011, che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi per i PCB diossina simili e i PCB non diossina simili nei prodotti alimentari. In tale Regolamento della commissione europea la nota 32 indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore upper bound, cioè il valore del limite di quantificazione del metodo analitico (LOQ). Il limite di quantificazione di upper bound del metodo utilizzato da ARPAT per la determinazione di PCDF e PCDD, pari a 5,3 ng/Kg WHO-TEQ, mentre quello per il parametro PCB-DL si attesta su un valore più basso di 0,2 ng/Kg WHO-TEQ; in sostanza la somma dei due contributi risulta essere molto vicino allo SQA (6,5 ng/Kg). In definitiva il fatto che i livelli massimi siano fissati come livelli upper bound non consente una valutazione accurata di un eventuale superamento del limite del parametro somma di PCDF+PCDD+PBC-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ.

Tenendo conto di questa premessa, nella campagna 2017 sono stati riscontrati 8 superamenti del SQA-Biota per il parametro diossine e composti diossina simili, tutti però imputabili alla sola rilevazione di modeste-medie quantità di PCB-DL, che sommate all'importante contributo del valore di upper-bound delle PCDF e PCDD ha di fatto generato il superamento del limite. Le stazioni Costa Versilia, Costa Burano e Arcipelago isole minori risultano molto vicini al limite, Costa livornese, Costa Piombino, Costa Punt'Ala presentano concentrazioni superiori di circa un fattore 2, mentre le concentrazioni maggiori sono state riscontrate nel Corpo idrico Costa del Cecina (0,0273 µg/kg) e Costa del Serchio (0,0193 µg/kg), rispettivamente con superamenti di circa un fattore 4 e 3.

Tabella 3.13 - Dati analitici relativi alle sostanze chimiche nel biota - pesci 2017

Corpo idrico	Hg	PCDF+PCDD+PCB-DL	DDT totale	HCB	Dicofol	PFOS
	µg/kg					
SQA Biota	20	0,0065	50	10	33	9,1
Costa Versilia	47	0,0072	26	0,8	1,0	2,8
Costa del Serchio	65	0,0193	27	0,5	0,5	1,0
Costa Pisana	33	0,0058	33	0,5	< 0,1	7,9
Costa Livornese	45	0,0110	19	1,5	0,4	5,4
Costa Rosignano	99	0,0086	1	4,1	< 0,1	0,2
Costa del Cecina	86	0,0273	58	1,2	0,3	3,9

Corpo idrico	Hg	PCDF+PCDD+PCB-DL	DDT totale	HCB	Dicofol	PFOS
Costa Piombino	109	0,0110	11	0,5	0,3	0,5
Costa Punta Ala	27	0,0110	3	0,3	< 0,1	0,2
Costa Ombrone	49	0,0061	6	< 0,1	< 0,1	3,2
Costa Uccellina	65	0,0057	10	0,8	0,2	0,4
Costa Albegna	99	0,0055	4	0,5	0,2	0,5
Costa Burano	42	0,0071	27	0,9	< 0,1	3,0
Arcipelago Isole Minori	43	0,0071	6	0,3	< 0,1	0,6

DDT totale. Per questo parametro è stato riscontrato un solo superamento: si tratta del corpo idrico di Costa del Cecina (58µg/kg).

Esaclorobenzene (HCH). Per questo parametro SQA-biota è rispettato in tutti i campioni analizzati: il valore più alto è registrato 4,1µg/kg (Costa Rosignano) il più basso è pari al limite di quantificazione , < 0,1 (Costa Ombrone).

Dicofol. Questo parametro non supera gli standard ambientali in nessun corpo idrico monitorato. La concentrazione più alta è di 1µg/kg (Costa Versilia)

Acido perfluorottansolfonico (PFOS). Questo parametro non supera gli standard ambientali in nessun corpo idrico monitorato. La concentrazione più alta è di 7,9 µg/kg (Costa pisana).Attualmente i laboratori ARPAT non dispongono delle risorse strumentali ottimali ai fini dell'implementazione dei metodi per la ricerca dei contaminanti previsti dal D.Lgs 172/15 per la matrice pesci, quali **Esabromociclododecano (HBCDD)**, **Eptacloro e eptacloro epossido**. Per il parametro difenileteri bromurati, lo SQA previsto sul biota è ancora difficilmente raggiungibile e necessita di un'ulteriore messa a punto, stante l'attuale dotazione strumentale che sta diventando obsoleta per alcune determinazioni.

3.4. Sedimenti

3.4.1 Sostanze chimiche tabella 2/A del D.Lgs. 172/2014: sedimenti

Sono stati effettuati 17 prelievi di sedimenti tra il 15 di giugno e il 26 settembre 2017: 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.

L'elaborazione dei dati ottenuta integrando la Delibera della Regione Toscana n. 264 del 20/3/2018, relativa ai valori di fondo naturali e in acqua e sedimenti, con la Il D.Lgs 172/15 è riportata in Tabella 3.14. In tale tabella si evidenziano superamenti del mercurio e del cadmio nella stazione di Antignano ($Hg = 0,85 \text{ mg/kg s.s.}$ e $Cd = 0,4 \text{ mg/kg s.s.}$) e del solo cadmio a Porto Santo Stefano ($0,8 \text{ mg/kg s.s.}$), Ansedonia ($0,7 \text{ mg/kg s.s.}$) e Isola del Giglio ($0,6 \text{ mg/kg s.s.}$).

Il piombo non presenta superamenti.

Nella Tabella 3.15 sono riportate invece alcune sostanze di sintesi, quali naftalene, DDT, DDE e DDD, riportate nella tabella 2/A del D.Lgs 172/15 che presentano dei superamenti degli standard ambientali: Foce Bruna e Foce Ombrone hanno concentrazioni maggiori degli standard ambientali per il DDT e il DDE, Antignano per DDT, DDE e DDD, mentre le stazioni di Porto Santo Stefano e Giglio per il naftalene.

Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/15 (TBT, antracene, aldrin dieltrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano) hanno concentrazioni inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa.

Tabella 3.14 - Metalli 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		
		SQA-MA					
		0,3	30	0,30			
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,2	8,9	0,02	< SQA	< SQA	0,5
Costa del Serchio	Nettuno	0,3	16	0,06	1,2	< SQA	0,5
Costa Pisana	Fiume Morto	0,3	16	0,06	0,6	< SQA	0,5
Costa Livornese	Antignano	0,4	23	0,85	< SQA	38	0,5
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	0,4*	15	0,5*	0,6	< SQA	0,5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	0,4*	12	0,08	0,6	< SQA	0,5
Costa Piombino	Salivoli	0,5	32	0,2	1,2	38	0,5
Costa Follonica	Carbonifera	0,4*	22	0,26	0,6	38	1,4
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	0,4*	18	0,53*	0,6	< SQA	1,4
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,2	13	0,35	0,6	< SQA	1,4
Costa dell'Uccellina	Cala di Forno	0,3	13	0,45*	0,6	< SQA	1,4
Costa Albegna	Foce Albegna	0,6*	17	0,54*	0,6	< SQA	1,4
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	0,8	26	0,62*	0,6	38	1,4
Costa Burano	Ansedonia	0,7	21	0,63*	0,6	38	1,4

Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,4*	27	0,13	0,6	38	0,5
	Elba Sud	1,0*	58*	0,28	1,2	75	0,5
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,6	21	0,2	ND	ND	ND
	Montecristo	0,4	20	0,22	0,6	< SQA	0,5
	Capraia	0,2	8,2	0,03	0,6	< SQA	0,5
Margine di tolleranza del 20%"		0,36	36	0,36			

In grassetto rosso: valori che superano i valori di fondi o, dove non presenti, gli SQA (D.Lgs 172/2015)

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

ND: non disponibile

Tabella 3.15 - Altre sostanze chimiche nei sedimenti secondo la Tab.2/A del D.Lgs 172/2015

Corpo idrico	Stazione	Sedimento (Tab. 2/A)			
		Naftalene	DDT	DDE	DDD
		mg/kg s.s			
		SQA-MA			
		35	1	1,8	0,8
Costa Versilia	Marina di Carrara	< 10	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Costa del Serchio	Nettuno	< 10	< 0,2	1,02	< 0,2
Costa Pisana	Fiume Morto	< 10	< 0,2	0,48	< 0,2
Costa Livornese	Antignano	< 10	10	0,52	4,18
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	< 10	< 0,2	0,48	< 0,2
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	< 10	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Costa Piombino	Salivoli	< 10	< 0,2	0,28	0,15
Costa Follonica	Carbonifera	< 10	< 0,2	0,35	< 0,2
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	< 10	1,9	2,7	0,24
Costa Ombrone	Foce Ombrone	< 10	2,1	3,5	0,18
Costa dell'Uccellina	Cala di Forno	< 10	0,6	< 0,2	< 0,2
Costa Albegna	Foce Albegna	< 10	0,2	0,37	< 0,2
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	89	0,2	0,42	< 0,2
Costa Burano	Ansedonia	< 10	0,3	0,38	0,2
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	< 10	< 0,2	0,23	< 0,2
	Elba Sud	< 10	0,3	0,39	0,2
Arcipelago Isole Minori	Giglio	58	0,4	0,34	< 0,2
	Montecristo	< 10	1	1,5	< 0,2
	Capraia	< 10	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Margine di tolleranza del 20%"		42	1,2	2,16	0,96

Sono state inoltre ricercate sostanze riportate in tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015 quali IPA e PCB PCDD PCDF e esaclorobenzene: le concentrazioni di queste sostanze sono tutte risultate inferiori agli standard ambientali, tranne **esaclorobenzene** a Foce Bruna e Foce Ombrone con concentrazioni rispettivamente di 0,96 e 0,95 µg/kg s.s.

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. Elba Nord è l'unica stazione che risulta avere una concentrazione di arsenico leggermente superiore al valore del VNF per questa stazione.

Le altre sostanze della Tabella 3/B, i cui standard di qualità ambientale possono essere utilizzati a livello conoscitivo sono il cromo VI e i PBC totali: il primo parametro risulta essere in tutte le stazioni inferiore al SQA-MA, mentre il secondo supera il valore dello standard di qualità ambientale a Foce Ombrone con un valore di concentrazione pari a 52µg/kg s.s. (SQA-MA comprensivo del margine di tolleranza per i PCB totali è 9,6 µg/kg s.s.)

Tabella 3.16 - Sedimenti arsenico e cromo totale

Corpo idrico	Stazione	Sedimento (Tab. 3/B)		Valori di Fondo	
		Arsenico	Cromo Totale		
		mg/kg s.s.		Arsenico	Cromo totale
		SQA-MA			
		12	50		
Costa Versilia	Mar. di Carrara	10	53	34	91
Costa del Serchio	Nettuno	12	81*	34	91
Costa Pisana	Fiume Morto	14	83*	< SQA	91
Costa Livornese	Antignano	19*	74*	34	138
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	31*	97*	34	138
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	20*	135*	34	189
Costa Piombino	Salivoli	69*	100*	142	138
Costa Follonica	Carbonifera	23*	61*	34	91
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	21*	60	34	91
Costa Ombrone	Foce Ombrone	10	60	34	91
Costa Uccellina	Cala di Forno	15*	50	34	91
Costa Albegna	Foce Albegna	17*	73*	34	91
Costa Argentario	Porto S. Stefano	22*	70*	34	91
Costa Burano	Ansedonia	29*	30	34	91
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	35	79*	34	138
	Elba Sud	134*	107*	142	138
Arcipelago Isole Minori	Giglio	13	29	ND	ND
	Montecristo	35	30	34	53
	Capraia	15	9,2	< SQA	53

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

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

4. CONCLUSIONI

4.1. Stato Ecologico: risultati provvisori relativi al II 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 5 stazioni monitorate 4 risultano classificate in classe **ELEVATA**, mentre solo una, Giglio, ricade nello stato ecologico **BUONO**.

Macrofite – Il calcolo dell'Indice CARLIT indica che di 5 stazioni monitorate 4 risultano classificate in classe **ELEVATA**, mentre solo una, Elba Sud, ricade nello stato ecologico **BUONO**.

Angiosperme– Su 4 stazioni monitorate, 3 (Foce Albegna) sono risultate, sulla base dell'indice PREI, in classe **ELEVATA** Capraia, le 2 stazioni Ansedonia e Giglio ricadono in classe **BUONA** mentre Foce albegna risulta essere in classe **SUFFICIENTE**.

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 sono risultati inferiori al valore soglia in tutte le stazioni

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 **ELEVATA**

I dati sono riassunti nella Tabella 4.1.

La Tabella 4.1 integra in un'unica schema tutti i dati degli elementi di qualità biologica per singola stazione

Tabella 4.1 - Classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere toscane: anno 2017

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

Legenda:	§ Campioni previsti nel III anno del triennio * Campionamenti non previsti in questa stazione						
STATO ECOLOGICO	ELEVATO		BUONO		SUFFICIENTE		
	SCARSO		CATTIVO				

Componendo le informazioni provenienti dai vari indici, il 58% delle stazioni hanno un giudizio di qualità ambientale ELEVATO, il 37% BUONO e infine il 5% risulta invece SUFFICIENTE.

4.2. Stato Chimico: risultati provvisori relativi al II anno del triennio 2016-2018

Il D.Lgs 172/2015 ha previsto che, “**ai fini della classificazione delle acque superficiali, il monitoraggio chimico**” venga eseguito “**nella colonna d'acqua e nel biota**”, introducendo (art. 78) “standard di qualità ambientale” (SQA) obbligatori anche per questa seconda matrice (biota). I dati dei sedimenti qui riportati sono da considerarsi solo a livello conoscitivo.

Acqua – I dati indicano quanto già verificatosi negli anni passati ovvero il TBT risulta essere presente lungo tutta la costa Toscana.

La media annuale delle concentrazioni di TBT è in tutte le stazioni superiore allo standard ambientale tranne che nella stazione di Cala di Forno e di Capraia.

Inoltre, 6 delle 19 stazioni monitorate superano l'SQA – CMA: Marina di Carrara (Costa Versilia), Rosignano (Costa Rosignano), Antignano (Costa livornese), Porto Santo Stefano (Costa Argentario), Fiume Morto (Costa Pisana) e Foce Albegna (Costa Albegna).

Il dato di Montecristo, ottenuto durante un'unica campagna di prelievo eseguita nel mese di luglio in concomitanza con i campionamenti delle macroalghe, è un dato anomalo che non ha riscontri negli anni passati e che non è stato confermato da successivi campionamenti. Si ritiene pertanto che non sia rappresentativo dello stato delle acque di questo punto di monitoraggio e quindi, in attesa di ulteriori approfondimenti da non considerare ai fini della classificazione chimica.

Il **di(2-etilesilftalato)** o **DEHP** presenta superamenti dello standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA) nella stazione di Marina di Carrara (Costa Versilia) e Foce Albegna (Costa Albegna).

Le concentrazioni di **benzo [a] pirene** o **BaP**, sono superiori al SQA-MA a Marina di Carrara (Costa Versilia), Elba Nord (Arcipelago Isola d'Elba), Giglio e Capraia (Arcipelago Isole Minori).

Tutte le altre sostanze ricercate, le concentrazioni ottenute dalle analisi sono tutte ampiamente al di sotto degli standard di qualità ambientali indicati dalla normativa.

Classificando in base alla matrice acqua tutti i corpi idrici della Toscana risultano essere in uno stato chimico NON BUONO, tranne Costa dell'Uccellina.

Biota – Le analisi condotte sugli organismi di *Mytilus galloprovincialis* indicano che le concentrazioni rilevate per il fluorantene e il benzo[a]pirene sono, in tutte le stazioni monitorate, minori del limite di quantificazione.

Le analisi per determinare la presenza del mercurio nei pesci hanno indicato una situazione di bioaccumulo di questo metallo lungo tutta la costa, con superamenti dello standard ambientale in tutte le stazioni campionate. Per quanto riguarda le Diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL) sono state riscontrati 8 superamenti rispetto al SQA-Biota, quelli più significativi riguardano il Corpo idrico Costa del Cecina (0,0273 µg/kg) e Costa del Serchio (0,0193 µg/kg), rispettivamente con superamenti di circa un fattore 4 e 3. Costa del Cecina, inoltre, presenta un superamento dello standard ambientale per il **DDT totale**. L'esaclorobenzene, il dicofol e Acido perfluorottansolfonico (PFOS) non superano gli standard ambientali in nessun corpo idrico monitorato.

Classificando in base alla matrice biota tutti i corpi idrici monitorati della Toscana risultano essere in uno stato chimico NON BUONO.

La Tabella 4.2 riassume lo stato chimico delle acque marino costiere della Toscana

Sedimenti – Costa del Bruna, e Costa Ombrone hanno concentrazioni superiori agli standard ambientali per il DDT e il DDE e l'esaclorobenzene; Antignano per DDT, DDE e DDD, mentre le stazioni di Porto Santo Stefano e Giglio per il naftalene. Foce Ombrone inoltre supera gli standard ambientali anche per i PCB totali. Elba Nord è l'unica stazione che risulta avere una concentrazione di arsenico leggermente superiore al valore del VNF per questa stazione.

Tabella 4.2 - Classificazione dello stato chimico delle acque marino costiere toscane: anno 2017

Corpo Idrico	Descrizione	STATO CHIMICO 2017			Classificazione Acqua e Biota
		Sostanza eccedente in acqua	Sostanza eccedente nel biota	Classificazione Acqua	
Costa Versilia	Marina di Carrara	TBT, DEHP, BaP	Hg		
Costa del Serchio	Nettuno	TBT	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL		
Costa Pisana	Fiume Morto	TBT	Hg		
Costa Livornese	Antignano	TBT	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL		
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	TBT	Hg		
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	TBT	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL, DDT totali		
Costa Piombino	Salivoli	Hg	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL		
Costa Follonica	Carbonifera	TBT			
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	TBT	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL		
Costa Ombrone	Foce Ombrone	TBT	Hg		
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno		Hg		
Costa Albegna	Foce Albegna	Hg, TBT, DEHP	Hg		
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	TBT			
Costa Burano	Ansedonia	TBT	Hg, PCDF+PCDD+PBC -DL		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	BaP	C.n.p		
	Elba Sud	TBT	C.n.p		
Arcipelago Isole Minori	Giglio	TBT, BaP	C.n.p		
	Montecristo		C.n.p		
	Capraia	BaP	Hg		
Legenda:		* Campionamenti non previsti in questa stazione § Campionamenti non effettuati per assenza di organismi			
		Non Buono			
STATO CHIMICO		Buono			