



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

REGIONE
TOSCANA



MONITORAGGIO ACQUE MARINO-COSTIERE DELLA TOSCANA

**Attività di
monitoraggio 2018
Proposta di
classificazione del
triennio 2016-2018**

Report
ARPAT
MARE





MONITORAGGIO ACQUE MARINO-COSTIERE DELLA TOSCANA

**Attività di monitoraggio 2018
Proposta di classificazione
del triennio 2016-2018**

MONITORAGGIO ACQUE MARINO COSTIERE DELLA TOSCANA

Attività di monitoraggio 2018

Proposta di classificazione del triennio 2016-2018

A cura di: Gioia Benedettini - *ARPAT, Area Vasta Costa Settore Mare*

Autori : Daniela Verniani - *ARPAT, Area Vasta Costa Settore Mare*

Sopralluoghi e parametri chimico fisici: Riccardo Biancalana, Francesco Lavista,
Enrico Cecchi, Michela Ria, Cecilia Mancusi - *ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare*

Analisi fitoplancton: Daniela Verniani - *ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare*

Sorting macrozoobenthos: Riccardo Biancalana - *ARPAT Area Vasta Costa, Settore Mare*

Analisi macrozoobenthos: *ARPAT, Area Vasta Costa, Laboratorio Biologia*

Analisi Posidonia oceanica : Cecilia Mancusi - *ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare*

Analisi macroalghe: Enrico Cecchi, Michela Ria - *ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare*

Analisi nutrienti, granulometria, analisi chimiche: *ARPAT, Laboratori Area Vasta Costa
e Area Vasta Centro*

Editing e copertina: *ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione*

1°aggiornamento: 27 agosto 2019

pag. 54, 5.2.2 Biota

Pag. 55, Tabella 5.2.2.2 Pesci (Mercurio e PFOS)

pag. 67 7.2 Stato chimico triennio 2016-2018

2°aggiornamento: novembre 2019

pg. 7, 3 corpi nel 2018 e non 4 (Costa livornese, Costa dell'Albegna e Costa dell'Argentario)

pag. 56, Tabella 5.2.2.2, Costa Versilia valore normalizzato 5,63 in nero anzichè in rosso

Indice

1. Sintesi della relazione.....	5
2. Introduzione.....	9
3. Stato Ecologico e stato chimico delle acque marino costiere.....	11
3.1 Stato ecologico: elementi di qualità biologica.....	11
3.2 Stato chimico.....	14
4. Struttura della rete di Monitoraggio.....	17
5. Risultati e Classificazione.....	19
5.1 Stato ecologico.....	19
5.1.1 Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a, triennio 2016-2018.....	19
5.1.2 Macroinvertebrati bentonici.....	27
5.1.3 Macroalghe.....	30
5.1.4 Angiosperme: praterie a <i>Posidonia oceanica</i>	35
5.1.5 Elementi di qualità fisico – chimica a sostegno e idromorfologici.....	39
5.1.6 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità.....	44
5.2 Stato chimico.....	46
5.2.1 Sostanze chimiche appartenenti all'elenco di priorità: acqua.....	46
5.2.2 Biota.....	52
5.2.2.1 Molluschi.....	53
5.2.2.2 Pesci.....	54
6. Sedimenti.....	59
7. Conclusioni.....	64
7.1 Stato ecologico triennio 2016-2018.....	64
7.2 Stato chimico triennio 2016-2018.....	66
Normativa di riferimento.....	70
Bibliografia.....	72

1. Sintesi della relazione

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 2018/229/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 (DGRT 608/15) e comprende per ciascun corpo idrico, uno o più siti di campionamento, per un totale di 19 stazioni e 16 corpi idrici.

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*.

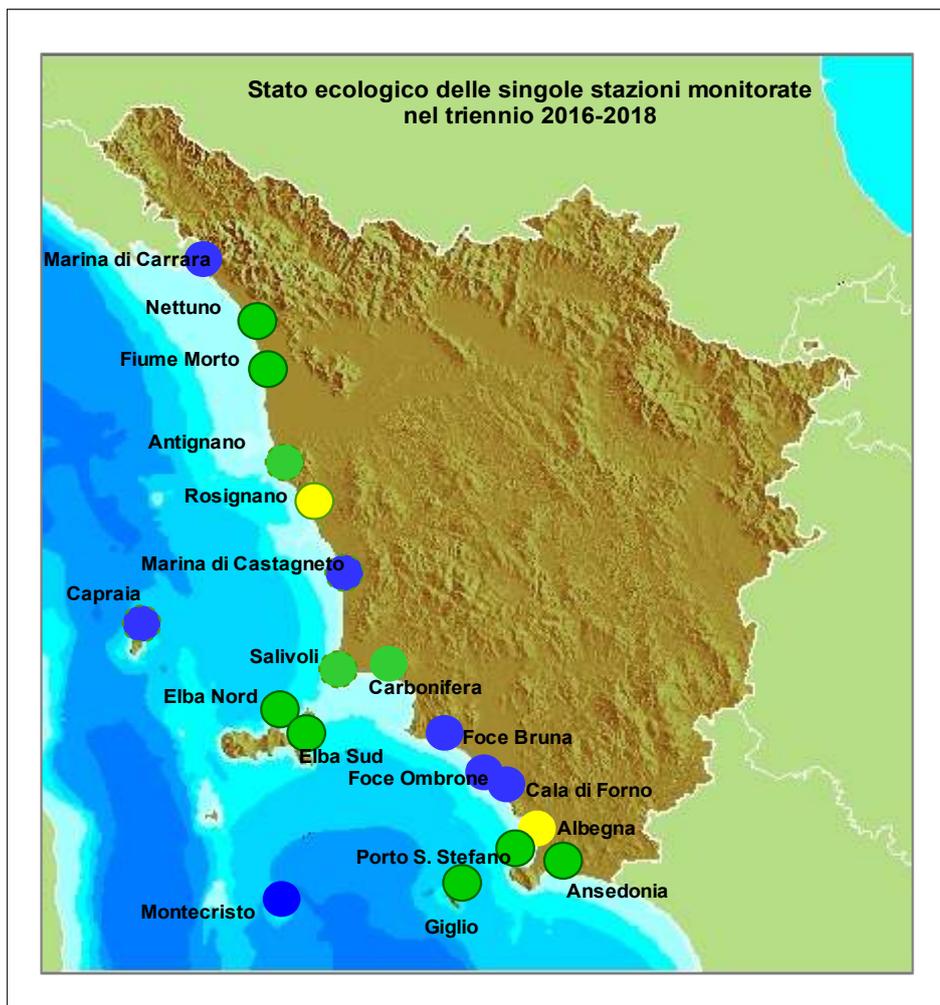
In ciascuna stazione viene monitorato, secondo i parametri definiti dalla norma e descritti nei paragrafi successivi, lo stato di qualità ambientale:

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 possibili livelli di classificazione sono 2: “Buono” o “Non buono”.

Risultati del monitoraggio 2016-2018

Stato ecologico – Il giudizio sulla qualità ecologica risulta Elevato/ Buono per tutti i corpi idrici indagati nel triennio 2016-2018 fatta eccezione per Costa di Rosignano e Costa Albegna che risultano in Classe Sufficiente. Nel caso in cui un corpo idrico sia costituito da più stazioni di campionamento viene considerato ai fine dello stato ecologico il peggiore ottenuto.



STATO ECOLOGICO	ELEVATO		BUONO		SUFFICIENTE	
	SCARSO		CATTIVO			

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 Tributilstagno (TBT) e, nel caso dei corpi idrici Costa Rosignano, Costa Piombino e Costa Albegna, Arcipelago Isole Minori, anche di mercurio. Inoltre, Arcipelago Isole Minori e Arcipelago Isola d’Elba presentano superamenti degli standard ambientali per quanto riguarda il benzo[a]pirene.

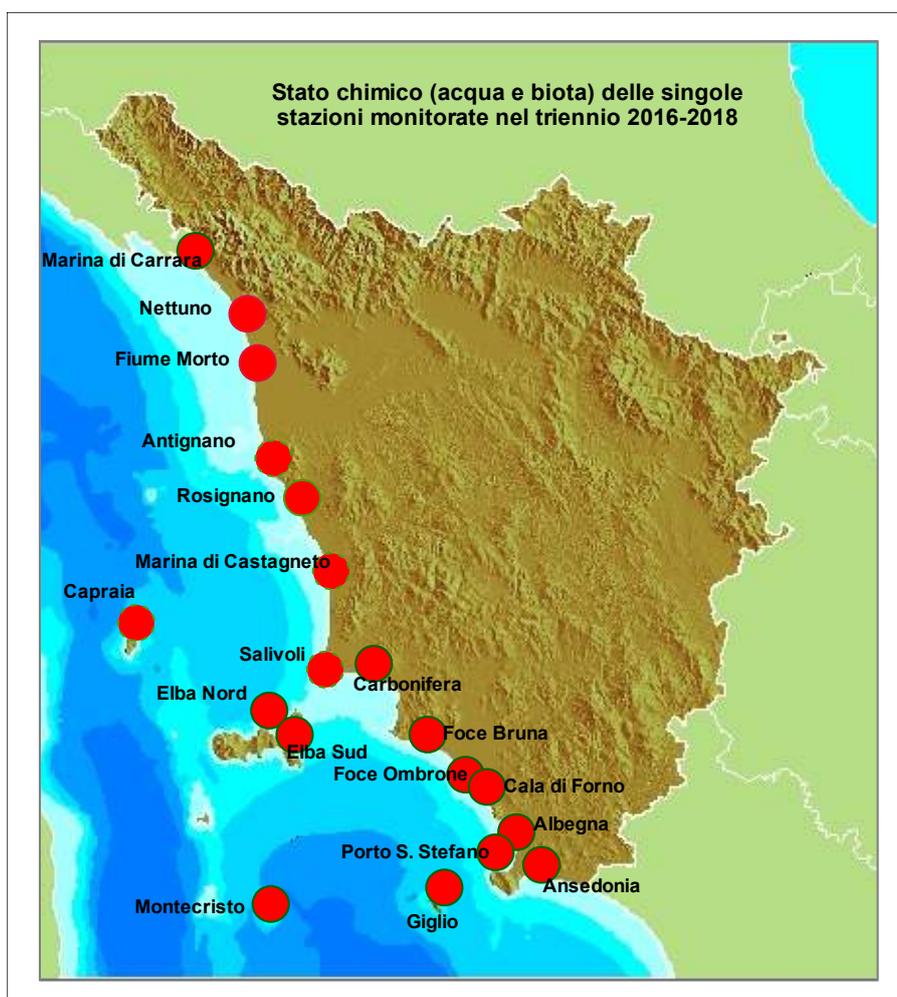
Il biota presenta superamenti dello standard ambientale per il mercurio in tutte le stazioni monitorate. Inoltre si hanno 10 superamenti del SQA_{biota} per la somma di PCDF+PCDD+PBC-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ.: 9 nel 2017 (Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa livornese, Costa Rosignano, Costa del Cecina, Costa Piombino, Costa Punt’Ala, Costa Burano e Arcipelago Isole Minori) e 1 nel 2018 (Arcipelago Isola d’Elba). I DDT totali superano lo standard ambientale a Marina di Castagneto. Per quanto riguarda l’acido perfluorottansolfonico (**PFOS**)

nel 2017 6 corpi idrici non risultano conformi (Costa Versilia, Costa Pisana, Costa livornese, costa del Cecina, Costa dell’Ombrone e Costa Burano) e 3 nel 2018 (Costa Livornese, Costa dell’Albegna e Costa dell’Argentario).

Il dicofol e l’esaclorobutadiene risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati, l’esaclorobenzene (HCB), invece, presenta superamenti dello standard ambientale in due corpi idrici nel 2017 (Costa livornese e Costa Rosignano) e in tre nel 2018 (Costa livornese, Costa dell’Uccellina e Costa dell’Argentario).

Le analisi condotte sugli organismi di *Mytilus galloprovincialis* indicano che le concentrazioni rilevate per il fluorantene, il benzo[a]pirene e diossina e composti diossina simili sono, in tutte le stazioni monitorate, minori degli standard ambientali indicati nella tabella 1/A del D.Lgs 172/15.

In generale per tutte le sostanze chimiche analizzate nel biota c’è tendenza al miglioramento con minor corpi idrici interessati dai superamenti degli SQA-MA nel 2018.



STATO CHIMICO	Non Buono		
	Buono		

Pur non essendo stata considerata ai fini della classificazione dei corpi idrici, l'analisi dei sedimenti ha rivelato diverse anomalie nella concentrazione di cadmio, del mercurio, del piombo, del naftalene, di DDT, DDD e DDE. Con l'applicazione del DGRT 264/2018, la concentrazione di mercurio nei sedimenti risulta non conforme nei corpi idrici di Costa livornese e Costa di Rosignano, mentre quella del piombo in Costa Piombino, Costa Albegna, Costa Argentario e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Sud). Il cadmio è superiore allo standard ambientale in Costa Livornese durante tutto il triennio. Si assiste dal 2016 al 2018 ad un sensibile aumento di questo metallo su tutta la costa toscana con superamenti nel 2018 in quasi tutti i corpi idrici: uniche eccezioni sono Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa di Rosignano, Costa Piombino e 2 stazioni dell'Arcipelago isole Minori (Montecristo e Capraia). Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015 (TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD) nel 2016 e nel 2018 sono risultate inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa. Nel 2017 invece alcune sostanze di sintesi, quali naftalene, DDT, DDE e DDD, hanno superato gli standard ambientali in alcuni corpi idrici: 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.

Nell'arco del triennio soltanto cinque stazioni, Marina di Carrara, Nettuno, Montecristo e Capraia, non hanno mai superato gli standard ambientali riportati nella tabella 2/A del D.Lgs 172/2015.

Per quanto riguarda i sedimenti, tra le sostanze ricercate relativamente alla tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015, la sommatoria T.E. dei PCDD PCDF PCB-DL risulta essere inferiore allo standard ambientale in tutti e tre gli anni monitorati, mentre, il benzo[a]pirene non rispetta lo standard ambientale nel Corpo idrico di Rosignano Lillatro nel 2018. L'esaclorobenzene è presente nel corpo idrico Costa livornese in tutti e tre i campioni annuali effettuati e supera lo standard ambientale in costa Rosignano nel 2018 e in Costa Punt'Ala e Costa Ombrone Arcipelago Isole Minori. Tra le sostanze ricercate relativamente alla tabella 3/B del D.Lgs. 172/2015, in cui vengono riportati gli standard di qualità ambientale da utilizzare per acquisire ulteriori elementi conoscitivi, l'arsenico vede nell'arco dei 3 anni superamenti dello standard ambientale/Valori di fondo in 4 corpi idrici: Costa Argentario e Costa Burano (2018), Arcipelago Isole Minori (Giglio 2016 e 2018) e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Nord nel 2017 e Elba Sud nel 2018). Le concentrazioni, invece, di cromo totale e cromo VI risultano essere in tutte le stazioni inferiori allo SQA-MA o al valore di fondo indicato dalla Delibera della Regione Toscana 264/18. I PCB totali superano il valore dello standard di qualità ambientale solo nel 2017 nel Corpo idrico di Costa dell'Ombrone.

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 DM 260/2010, a seguito dell'emanazione della Decisione della Commissione europea 2018/229/UE del 12/02/2018, ha successivamente subito modifiche riguardanti i valori di delimitazioni tra classi di qualità.

Per quanto riguarda invece lo stato chimico, lo Stato italiano ha emanato il D.Lgs. 172/15 in attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie. Il provvedimento aggiunge 12 nuovi inquinanti alle 33 sostanze prioritarie già individuate per la loro pericolosità. Le sostanze aggiunte derivano da prodotti fitosanitari,

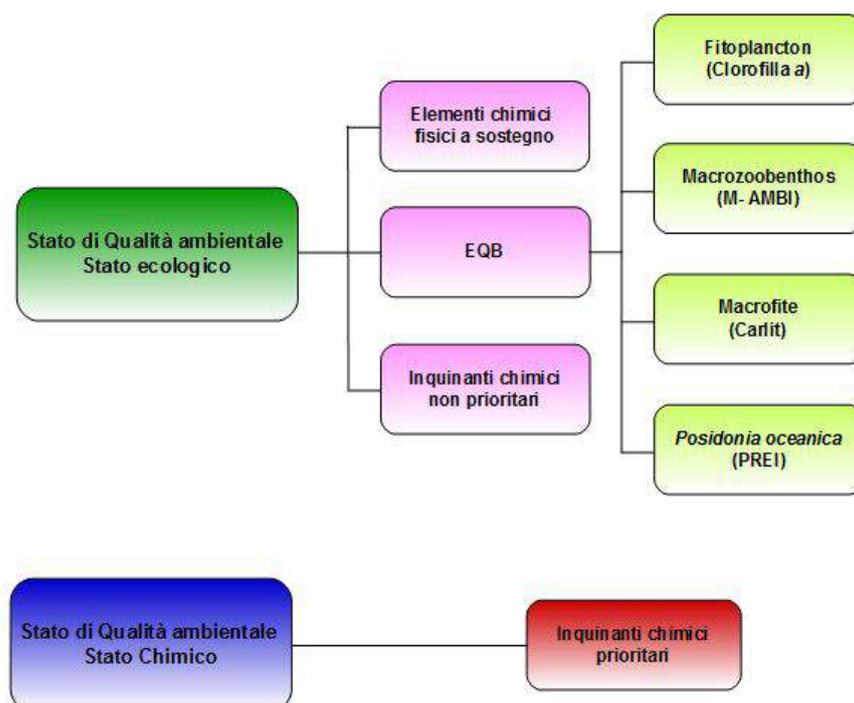
biocidi, sostanze chimiche industriali e sottoprodotti di combustione. Il D.Lgs 172/15 modifica il Codice dell'Ambiente (D.Lgs 152/06) intervenendo sugli articoli 74 (definizioni) e 78 (Standard di qualità ambientale) e sull'allegato I alla Terza parte. L'obiettivo è quello di raggiungere il buono stato chimico delle acque entro il 2021 per le 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 dette 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.

3. Stato ecologico e stato chimico delle acque marino costiere

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 2018/229/UE e allo stato chimico in base a quanto stabilito dal D.Lgs 172/2015 e alla DGRT 264/2018.

Figura 3.1 - Classificazione dei corpi idrici



3.1 Stato ecologico: elementi di qualità biologica

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

- elementi di natura biologica
 - a) biomassa fitoplanctonica,
 - b) macrozoobenthos,
 - c) macrofite,
 - d) angiosperme (*Posidonia oceanica*),
- 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) ma anche ai valori assoluti, espressi in mg/m³ di concentrazione di clorofilla *a*. Secondo questo EQB la classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico deve tener conto, per il confronto con i valori della tabella, della variazione, in un periodo di almeno un anno, della clorofilla *a*. Ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza bimestrale. Alla fine del ciclo del monitoraggio operativo si ottengono per ciascun corpo idrico 3 valori di clorofilla *a*, uno per ogni anno di monitoraggio: il valore da attribuire al sito è dato dalla media di questi 3 valori.

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** (3.1.1), 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. Considerando che il monitoraggio degli elementi chimico fisici è annuale verrà attribuito al corpo idrico, allo scadere dei 3 anni un valore pari al valore medio dei 3 TRIX ottenuti durante il ciclo di monitoraggio.

Figura 3.1.1 - Indice trofico TRIX

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

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 una tabella analoga che aggiorna le sostanze da ricercare. In base alle conoscenze del territorio e alle pressioni ambientali su di esso esercitato, ARPAT ha condotto nel triennio indagini sulla matrice acqua per la ricerca degli analiti riportati nella Tabella 3.1.1

Tabella 3.1.1 - 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.” Per la classificazione del triennio del monitoraggio operativo si utilizza il valore peggiore della media calcolata per ciascun anno.

3.2 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. Nella tabella 3.2.1 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 3.2.1 - 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		Idrocarburi aromaticiclorurati
	Triclorometano		Triclorobenzeni
	Tetracloroetilene		Sostanze perfluoroalchiliche
	Tricloroetilene		PFOS

Per quanto riguarda la matrice biota, nel 2016 è stato proposto da ARPAT alla Regione Toscana un programma sperimentale per la verifica delle sostanze pericolose sul biota in acque marine che è stato attuato a partire dal 2017. Nel 2018 questo tipo di monitoraggio è diventato routinario ed effettuato con cadenza annuale: le analisi eseguite su campioni di pesci o di mitili sono quelle indicate dalla tabella 1/A¹ del D.Lgs. e riportate nella successiva Tabella 3.2.2. Per questo particolare tipo di monitoraggio si fa riferimento alle linee guida emanate da ISPRA in ottemperanza al D.Lgs 172/15 (Art. 78-undecies comma g), “Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs 172/15)”.

Tabella 3.2.2 - 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	

1 Per 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.

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

ARPAT ha eseguito campionamenti dei sedimenti marini integrando tutti i parametri contenuti nella tabelle 2/A, 3/A e 3/B del D.Lgs.172/15 (Tabella 3.2.3) con l'obbiettivo di avere una continuità di informazioni sui sedimenti per una migliore interpretazione dei dati ambientali. Il campionamento è previsto con frequenza annuale.

Tabella 3.2.3 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice sedimenti

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)	

4. Struttura della 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 $N \leq 0,15$

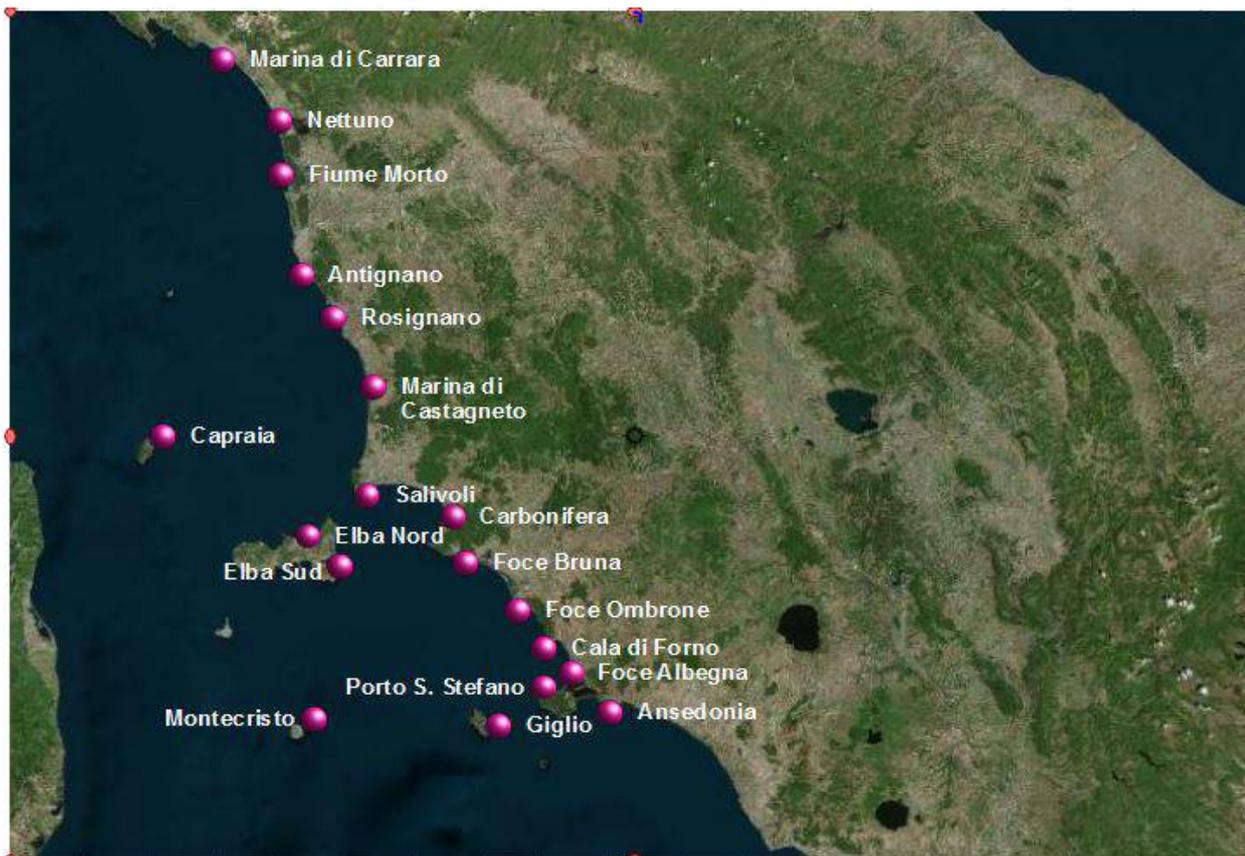
Tutta la fascia marino costiera continentale e insulare della Toscana ricade, dal punto di vista idrologico, nella tipologia Bassa Stabilità macrotipo 3, ovvero tutta la zona è caratterizzata da siti costieri non influenzati da apporti d'acqua dolce continentale. Integrando la classe di stabilità con 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 (4.1). 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 4.1 - Aree monitorate nel triennio 2016-2018



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	Elba Nord (Portoferraio) Elba Sud (Mola)	Arcipelago Isole Minori	Giglio Montecristo Capraia

5. Risultati e Classificazione

5.1 Stato ecologico

5.1.1 Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a, triennio 2016-2018

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 267 campioni nel triennio (71 per il 2016, 92 nel 2017 e 104 per l'anno 2018).

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.

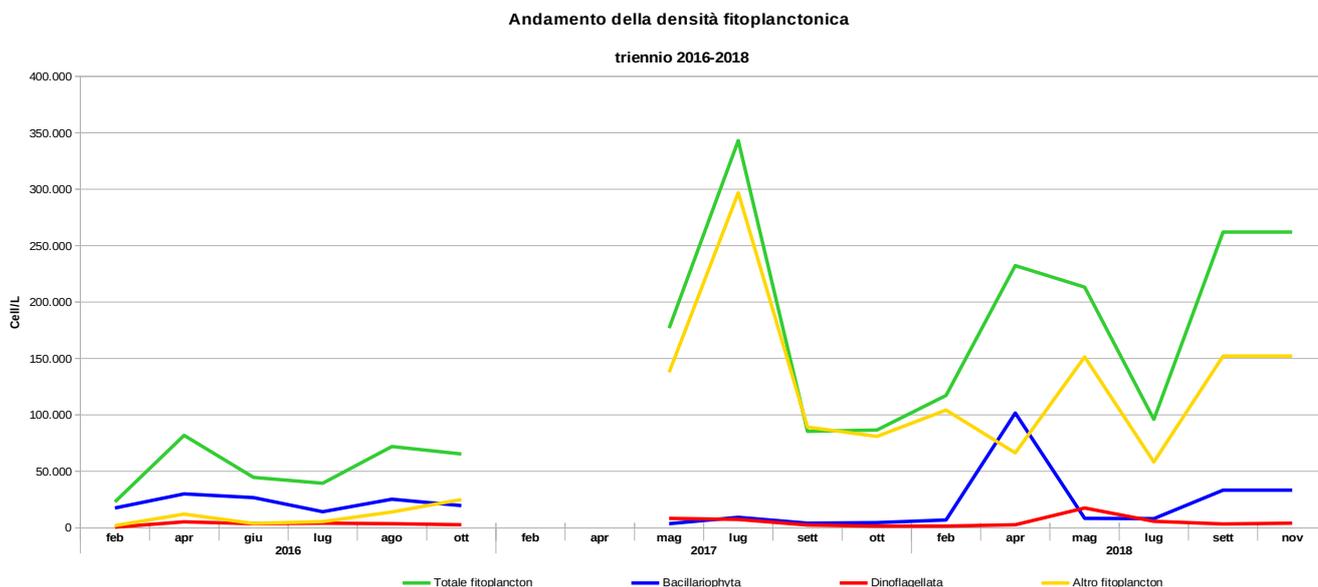
La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton viene effettuata in base all'abbondanza come cell/L e alla composizione di:

- diatomee (*phylum* Bacillariophyta);
- dinoflagellati (*phylum* Miozoa, superclasse Dinoflagellata);
- "altro fitoplancton" ovvero fitoflagellati e non, appartenente a vari *phyla* come Cyanobacteria, Chlorophyta, Cryptophyta, a classi come Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Rhodophyceae, Xantophyceae (*phylum* Ochrophyta), Coccolithophyceae (*phylum* Haptophyta), Euglenophyceae (*Phylum* Euglenozoa), a ordini come Ebridia (*phylum* Cercozoa), e infine, Altro Fitoplancton indeterminato.

L'"Altro fitoplancton" è composto principalmente da organismi appartenenti alla classe dimensionale del nano-fitoplancton (2-20µm) e spesso può rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale.

In 5.1.1.1, sono riportati i dati di densità fitoplanctonica, durante tutto il periodo in esame: il 2017, a causa di un grave guasto all'imbarcazione Poseidon non è stato possibile effettuare i campionamenti nella prima parte dell'anno (interruzione linee grafico).

Figura 5.1.1.1 - Densità fitoplanctonica triennio 2016-2018



Se il 2016 è caratterizzato da una componente principale data dalle Bacillariophyta, negli anni successivi, soprattutto nel 2017 si assiste ad un incremento dell'"Altro fitoplancton" costituito soprattutto da piccoli flagellati di dimensioni intorno ai 10µm che costituiscono in molti casi più del 90% dell'intero popolamento.

Bacillariophyta

Anno 2016. *Skeletonema pseudocostatum* caratterizza i picchi di massima densità nella parte a nord nel periodo da giugno a agosto: la fioritura di questa diatomea in particolare interessa a giugno la costa del Serchio con $1,9 \times 10^7$ cell/L, a luglio la Costa Pisana con $9,3 \times 10^6$ cell/L e infine ad agosto la Costa Versilia con $1,2 \times 10^6$ cell/L. La costa Versilia è interessata anche da un aumento della densità fitoplanctonica dovuta a diatomee anche in primavera : in questo caso si tratta di un aumento di varie specie appartenenti al genere *Chaetoceros* ($2,0 \times 10^5$ cell/L) e varie pennate ($3,0 \times 10^5$ cell/L). Nelle stazioni settentrionali, come già evidenziato anche negli anni passati, predominano specie appartenenti ai generi *Chaetoceros* (*C. curvisetus* e *C. socialis*, *C. wighamii*) e *Pseudo-nitzschia spp.* del “*Nitzschia delicatissima Complex*” e *Skeletonema pseudocostatum*, mentre nella zona meridionale predominano *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus* e *Pseudo-nitzschia spp.* del “*Nitzschia delicatissima Complex*”. Il valore massimo di concentrazione registrato per le diatomee è di $1,9 \times 10^7$ cell/L nella Costa del Serchio e il minimo è stato $2,7 \times 10^2$ cell/L in agosto nell’Arcipelago Isola dell’Elba

Anno 2017. I corpi idrici Costa Versilia, Costa del Serchio e Costa pisana, e Costa Livornese presentano un picco evidente di concentrazione di questa classe di organismi in tarda primavera inizio estate. Questo unico picco in tutti e quattro i casi è dovuto alla presenza di *Skeletonema pseudocostatum* con valori che vanno da $6,4 \times 10^5$ cell/L a Costa Versilia in maggio a $1,2 \times 10^5$, $1,5 \times 10^5$ e $4,6 \times 10^6$ cell/L rispettivamente in Costa pisana Costa Livornese e Costa del Serchio 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 $4,6 \times 10^6$ cell/L in Costa del Serchio (luglio); il minimo è stato $2,3 \times 10^2$ cell/L a Costa Piombino (maggio).

Anno 2018. In questo anno si individua chiaramente e per tutte le stazioni monitorate un picco di diatomee nel periodo marzo-aprile: si tratta di un popolamento piuttosto eterogeneo costituito soprattutto da varie specie di *Chaetoceros*, da *Leptocylindrus danicus* e *L. minimus* e da *Pseudo-nitzschia spp.* sia del “*Nitzschia delicatissima Complex*” sia del “*Nitzschia seriata Complex*”. Il picco secondo picco annuale si diversifica a seconda dei corpi idrici: quelli a nord presentano un incremento delle diatomee nel periodo luglio agosto per la presenza di *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema pseudocostatum*, *Leptocylindrus minimus*, mentre da Costa livornese verso sud l’aumento delle diatomee è dovuto principalmente a *Leptocylindrus minimus* che costituisce più del 50% dell’intero popolamento fitoplanctonico in tutti i corpi idrici. Il valore massimo di concentrazione registrato per le diatomee è di $2,6 \times 10^6$ cell/L in Costa Burano a settembre e il minimo è stato $1,0 \times 10^3$ cell/L a Costa Follonica (gennaio – febbraio) e Arcipelago Toscano Isole Minori- Giglio (maggio-giugno).

Dinoflagellata

2016. I dinoflagellati presentano due leggeri picchi in aprile/maggio e in luglio. I taxa più rappresentati sono le piccole forme di *Gymnodinium*, *Heterocapsa*, *Alexandrium Prorocentrum*, soprattutto *P. triestinum*, e *Scrippsiella trochoidea*. La concentrazione massima di dinoflagellati

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

2017. Le letture dei campioni indicano una maggior concentrazione di questo taxa nel periodo maggio giugno. In particolare, Costa del Serchio e Costa Burano 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 minima* ($5,4 \times 10^4$ cell/L). A luglio le stazioni a nord vedono un incremento delle dinoflagellata dovuto a *Gymnodium sp.p*, *Heterocapsa minima* e *Protoperdinium quinquecorne*; Costa dell'Albegna ha in questo stesso 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 in Costa del Serchio a maggio, mentre la minima ($8,3 \times 10^1$ cell/L) a Costa dell'Uccellina a novembre.

2018. Come per l'anno precedente, questo raggruppamento risulta abbondante nel periodo maggio-giugno soprattutto per la presenza di Gymnodiniales con dimensioni inferiori a $20 \mu\text{m}$, di *Heterocapsa minima* e *Scrippsiella trochoidea*. Anche in questo caso si differenziano i corpi idrici a nord avendo il picco di massima concentrazione spostato in piena estate ma i taxa più rappresentativi sono gli stessi individuati precedentemente negli altri corpi idrici. La concentrazione massima di dinoflagellati ($1,6 \times 10^5$ cell/L) è stata rilevata in Costa pisana e Costa livornese a maggio-giugno, mentre la minima ($4,6 \times 10^2$ cell/L) a Costa dell'Ombrone a gennaio -febbraio.

Altro fitoplancton - Rispetto al triennio precedente in cui era stata evidenziata come componente predominante dell'altro fitoplancton il raggruppamento delle Coccolitophyceae, questo triennio è caratterizzato dalla presenza di piccoli flagellati e forme coccoidi con dimensioni inferiori a $20 \mu\text{m}$.

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

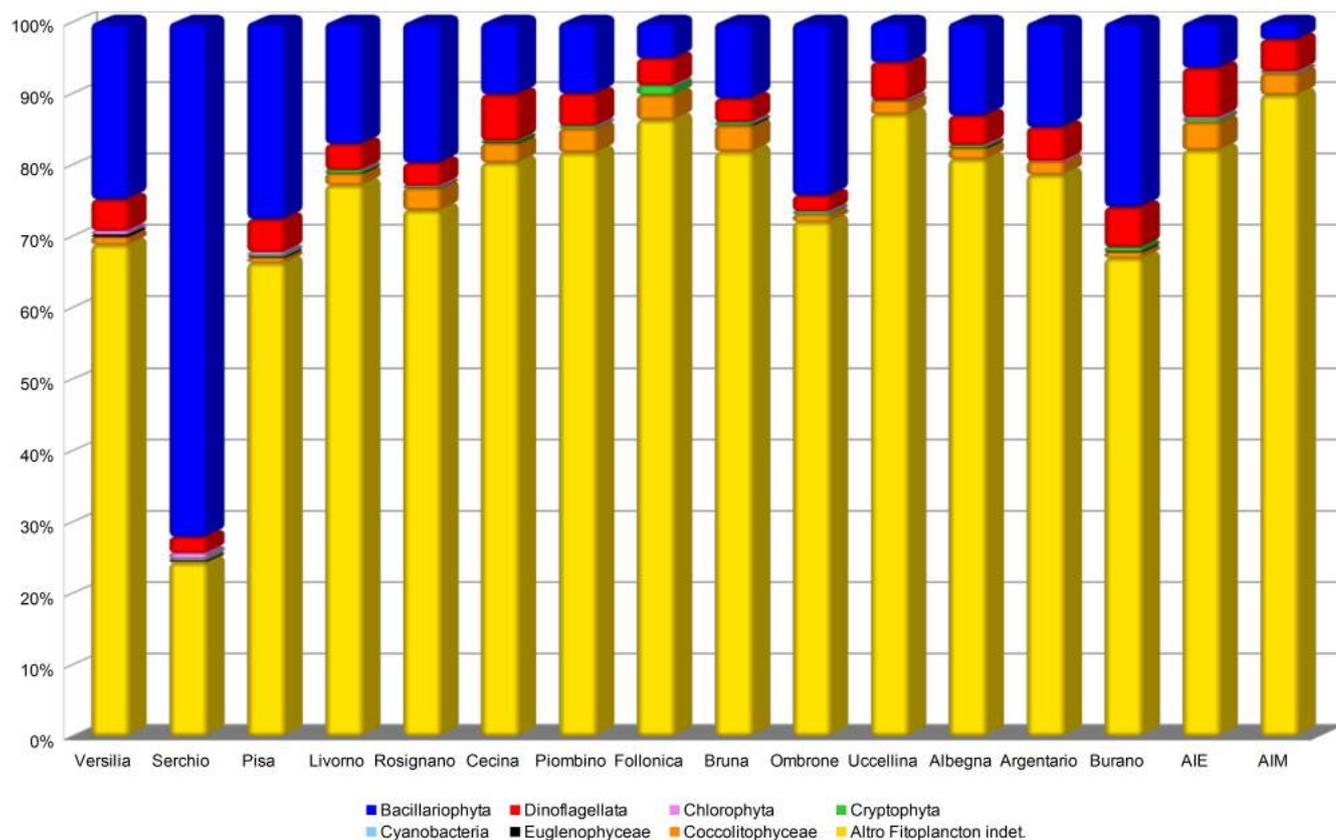
2017. L'anno è dominato da piccoli flagellati non determinati con dimensioni inferiori a $20 \mu\text{m}$. Nel periodo maggio luglio sono abbondanti anche le Euglenophyceae a nord della Toscana, con una concentrazione massima di $1,5 \times 10^5$ cell/L e di $1,2 \times 10^5$ cell/L rispettivamente nella Costa del Serchio e Costa Versilia. Come in passato la Costa del Serchio influenzata dal Lago di Massaciuccoli, che ne determina un alta concentrazione di cianobatteri nel mese di maggio

($1,5 \times 10^4$ cell/L). Le specie sono le stesse ritrovate nel 2016. 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).

2018. I piccoli flagellati non determinati con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$ rappresentano in tutte le stazioni più del 50% dell'intero popolamento, tranne per la stazione di Nettuno dove predominano le Bacillariophyta. I 3 corpi idrici a nord risentono dell'influenza dei fiumi e dalle piogge presentano specie tipicamente di acqua dolce come *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus quadricaudata*, *Pediastrum simplex*, *Euglena*, e cianobatteri filamentosi (soprattutto nel caso di Costa del Serchio). In questo caso le concentrazioni massime si hanno nel periodo invernale e primaverile in concomitanza dei periodi più piovosi. In tutti gli altri corpi idrici la concentrazione massima dell'altro fitoplancton risulta essere invece a settembre in particolare Costa livornese e costa Burano presentano le concentrazioni più alte con rispettivamente $1,7 \times 10^6$ cell/L e $9,1 \times 10^5$ cell/L.

Il popolamento fitoplanctonico costiero toscano nel 2016 aveva come taxon predominante le Bacillariophyta in tutti i corpi idrici, come nel triennio precedente. Dal 2017 questa tendenza è cambiata: le concentrazioni di fitoplancton totale sono mediamente più basse e il popolamento è caratterizzato dalla presenza di piccoli flagellati e forme coccoidi con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$ che rappresentano in quasi tutti i corpi idrici più del 50% dell'intero popolamento fitoplanctonico. Costa del Serchio è l'unico corpo idrico che si differenzia in questo avendo un popolamento costituito soprattutto da Bacillariophyta. Nei corpi idrici a Sud di Livorno, comprese il corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, oltre all'alta percentuale di altro fitoplancton indeterminato di piccole dimensioni, sono presenti anche Coccolitophyceae e Cryptophyta (5.1.1.2).

Figura 5.1.1.2 - Composizione del popolamento fitoplanctonico toscano. Triennio 2016-2018



La biomassa fitoplanctonica totale è espressa come mg/m^3 di clorofilla *a*, come indicato dal DM 260/10 Sezione C paragrafo C.2.2.1.

La quantità di clorofilla *a* presente nella colonna d'acqua ci fornisce indicazioni sullo stato trofico del sistema essendo in stretta relazione con la quantità di organismi autotrofi presenti all'interno del corpo idrico monitorato. La clorofilla *a* è il pigmento più importante nei processi di fotosintesi clorofilliana sia in ambiente marino sia in quello terrestre. Essendoci una stretta relazione tra clorofilla *a* e produzione primaria è stato scelto di utilizzare questo pigmento per valutare la biomassa fitoplanctonica.

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 (Tabella 5.1.1.1), anno per anno, mostrano che per gli anni 2016 e 2017 tutte le stazioni monitorate si trovavano in stato ecologico **ELEVATO** eccetto Nettuno e Fiume Morto che invece risultano essere in uno stato ecologico **BUONO**. Nel 2018 anche la stazione di Fiume Morto è in stato ecologico Elevato.

Tabella 5.1.1.1 - EQB relativi all'indice di biomassa fitoplanctonica (clorofilla a)

Corpo idrico	Descrizione	2016		2017		2018	
		Chl a (mg/m ³)	EQR	Chl a (mg/m ³)	EQR	Chl a (mg/m ³)	EQR
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,7	1,00	0,6	1,00	0,9	1,00
Costa del Serchio	Nettuno	1,2	0,74	1,6	0,56	1,4	0,65
Costa Pisana	Fiume Morto	1,4	0,63	1,4	0,63	0,6	1,00
Costa Livornese	Antignano	0,5	1,00	0,4	1,00	0,5	1,00
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,4	1,00	0,2	1,00	0,5	1,00
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0,4	1,00	0,2	1,00	0,3	1,00
Costa Piombino	Salivoli	0,5	1,00	0,2	1,00	0,4	1,00
Costa Follonica	Carbonifera	1,0	0,89	0,1	1,00	0,5	1,00
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,2	1,00	0,1	1,00	0,4	1,00
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,3	1,00	0,2	1,00	0,5	1,00
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,3	1,00	0,1	1,00	0,4	1,00
Costa Albegna	Foce Albegna	0,3	1,00	0,1	1,00	0,5	1,00
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	0,2	1,00	0,2	1,00	0,3	1,00
Costa Burano	Ansedonia	0,4	1,00	0,3	1,00	0,5	1,00
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,2	1,00	0,1	1,00	0,2	1,00
	Elba Sud	0,5	1,00	0,3	1,00	0,5	1,00
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,6	1,00	0,1	1,00	0,3	1,00
	Capraia	0,6	1,00	0,1	1,00	0,3	1,00
	Montecristo	0,6	1,00	0,1	1,00	< 0,02	1,00

Essendo tutte le stazioni monitorate con un ciclo di monitoraggio operativo, per il triennio, a ciascun corpo idrico verrà attribuito un valore di clorofilla pari alla media dei valori ottenuti nei 3 anni di campionamento, secondo quanto indicato dal DM 260/2010. Inoltre lo stato di qualità di un corpo idrico, rappresentato da più di una stazione, viene ottenuto facendo la media aritmetica dei valori medi di tutte le stazioni appartenenti a quel corpo idrico. L'elaborazione dei dati così effettuata, (Tabella 5.1.1.2), mostra che lo stato ecologico basato sulla biomassa fitoplanctonica dei corpi idrici Costa del Serchio, e Costa Pisana risulta essere **BUONO**. Tutti gli altri corpi idrici sono classificati in classe **ELEVATA**.

Tabella 5.1.1.2 - Classe di qualità ecologica secondo l'indice di biomassa fitoplanctonica (clorofilla a): triennio 2016-2018

Corpo idrico	Valore medio triennio 2016 - 2018		Stato
	Clorofilla a (mg/m ³)	EQR 2016-2018	
Costa Versilia	0,7	1,00	E
Costa del Serchio	1,4	0,64	B
Costa Pisana	1,2	0,78	B
Costa Livornese	0,5	1,00	E
Costa Rosignano	0,3	1,00	E
Costa del Cecina	0,3	1,00	E
Costa Piombino	0,4	1,00	E
Costa Follonica	0,5	1,00	E
Costa Punta Ala	0,2	1,00	E
Costa Ombrone	0,3	1,00	E
Costa Uccellina	0,3	1,00	E
Costa Albegna	0,3	1,00	E
Costa dell'Argentario	0,2	1,00	E
Costa Burano	0,4	1,00	E
Arcipelago Isola d'Elba	0,3	1,00	E
Arcipelago Isole Minori	0,3	1,00	E

5.1.2 Macroinvertebrati bentonici.

Le 18 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).

I dati granulometrici e del carbonio organico totale (TOC) sono riportati in Tabella 5.1.2.1.

Tabella 5.1.2.1 - Frazioni granulometriche e carbonio organico totale (TOC)

Corpo idrico	Descrizione	Anno di campionamento	Sabbia % (frazione granulometrica compresa tra 2 e 0,063mm)	Peliti % (frazione granulometrica inferiore a 0,063mm)	Ghiaia % (frazione granulometrica superiore a 2mm)	TOC %
Costa Versilia	Mar. di Carrara	2018	99,8	0,2	0,0	1,2
Costa del Serchio	Nettuno	2018	77,8	22,2	0,0	< 1
Costa Pisana	Fiume Morto	2018	93,1	6,9	0,0	< 1
Costa Livornese	Livorno	2018	71,4	28,1	0,5	3,7
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	2018	78,6	21,4	0,0	2,5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	2017	67,1	32,9	0,0	< 1
Costa Piombino	Salivoli	2017	76,4	23,6	0,0	< 1
Costa Follonica	Carbonifera	2017	75,1	24,9	0,0	< 1
Costa Punta Ala	Foce Bruna	2016	91,1	8,9	0,0	< 1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2016	89,4	10,6	0,0	< 1
Costa Uccellina	Cala di Forno	2016	88,7	11,3	0,0	< 1
Costa Albegna	Foce Albegna	2016	57,5	42,5	0,0	< 1
Costa Argentario	Porto S.Stefano	2016	99,0	1,0	0,0	< 1
Costa Burano	Ansedonia	2016	72,2	28,8	0,0	< 1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2018	98,1	1,8	0,1	< 1
	Elba Sud	2018	94,8	4,9	0,3	2,7
Arcipelago Isole Minori	Giglio	2017	45,0	52,5	2,5	2,1
	Montecristo	2017	49,8	44,4	5,8	2,2
	Capraia	2017	98,1	1,4	0,5	< 1

Nel 2016 sono stati prelevati, a maggio, campioni nelle 6 stazioni nella costa toscana meridionale (Foce Bruna, Foce Ombrone, Cala di Forno, Foce Albegna, Porto Santo Stefano e Ansedonia), mentre nel 2017, tra giugno e luglio, nelle stazioni posizionate nella parte centrale della costa toscana e nell'Arcipelago Isole Minori (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 i casi il primo campionamento ha mostrato un substrato non idoneo a questo tipo di analisi.

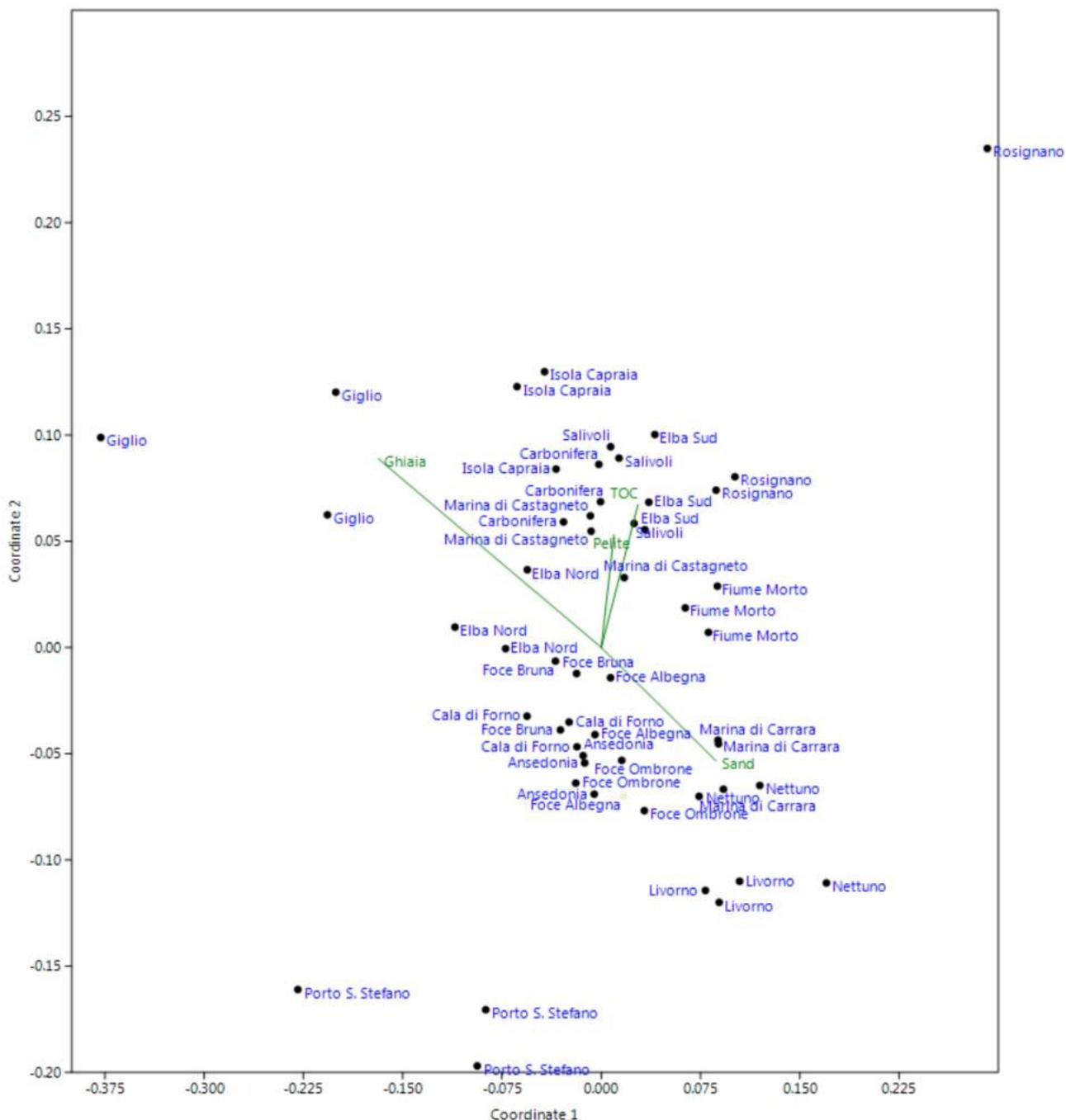
Per quanto riguarda il Giglio, la comunità bentonica rinvenuta nelle tre repliche del primo prelievo era costituita da 8 taxa, che rispetto alla comunità del 2015 con 21 taxa è decisamente limitata. Il motivo per il quale sono stati rinvenuti pochi taxa rispetto al campionamento del 2015 è probabilmente 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. 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.

Nel 2018 sono state campionate tra maggio e luglio 8 stazioni (Marina di Carrara, Nettuno, Fiume Morto, Livorno, Rosignano Lillatro, Elba Nord, Elba Sud e Montecristo: anche per questo anno, come il 2017 il campione di Montecristo è stato giudicato non idoneo a questo tipo di indagine.

La matrice dati (Sito X Specie) è stata elaborata con un'analisi multivariata al fine di osservare le differenze fra le comunità caratterizzate. È stato svolto un ordinamento MDS (*multi dimensional scaling*) non metrico sulla matrice di similarità di Bray-Curtis con il software Past 3.15. I vettori di correlazione delle variabili abiotiche che caratterizzano l'area (frazioni granulometriche e carbonio organico totale) sono stati sovrapposti all'MDS al fine di osservare se eventuali differenze nella comunità fossero determinate da fattori abiotici (5.1.2.1.).

Figura 5.1.2.1 - Ordinamento MDS delle comunità bentoniche dei campioni nel Triennio 2016-2018



Si osserva che le comunità delle repliche provenienti dal Giglio e da Porto S. Stefano appaiono distanziate nell'ordinamento e tali differenze sembrano essere attribuite a fattori ambientali come presenza di ghiaia (per quanto riguarda il Giglio) e ridotta frazione pelitica e TOC per quanto riguarda Porto S. Stefano. La comunità caratterizzante una replica del campione di Rosignano Lillatro appare fortemente distanziata dalle altre repliche e campioni nell'ordinamento MDS e tale differenza non sembra essere spiegata dai fattori abiotici considerati.

Le stazioni sono state elaborate tramite il calcolo dell'indice M-AMBI, ottenuto utilizzando il programma AMBI 5.0 (AZTI Marine Biotic Index) e sulla base di una lista specie aggiornata al novembre 2014 (per i campioni del 2016) ed a Giugno 2017 (per i campioni del 2017 e 2018). Nella Tabella 5.1.2.2 vengono pertanto indicati gli stati ecologici di ciascuna stazione monitorata e di ciascun corpo idrico, valutato seguendo le indicazioni riportate sopra.

Tabella 5.1.2.2 - Classe di qualità ecologica: corpi idrici e singole stazioni. Triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stato Triennio 2016-2018	Descrizione	M-AMBI
Costa Versilia	E	Marina di Carrara	0,84
Costa del Serchio	B	Nettuno	0,75
Costa Pisana	B	Fiume Morto	0,78
Costa Livornese	E	Livorno	0,96
Costa Rosignano	E	Rosignano Lillatro	0,89
Costa del Cecina	E	Marina di Castagneto	0,95
Costa Piombino	E	Salivoli	0,94
Costa Follonica	E	Carbonifera	0,92
Costa Punta Ala	E	Foce Bruna	0,93
Costa Ombrone	E	Foce Ombrone	0,83
Costa Uccellina	E	Cala di Forno	0,91
Costa Albegna	E	Foce Albegna	0,86
Costa dell'Argentario	B	Porto S.Stefano	0,80
Costa Burano	E	Ansedonia	0,86
Arcipelago Isola d'Elba	E	Elba Nord	0,90
		Elba Sud	0,92
Arcipelago Isole Minori	B	Giglio	0,68
		Capraia	0,83

5.1.3 Macroalghe.

Nel 2017 sono state monitorate 5 stazioni relative alla matrice macroalghe, mentre nel 2018 5, per un totale di 10 stazioni.. 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** (Tabella 5.1.3.1).

Tabella 5.1.3.1 - Descrizione delle comunità e i rispettivi Sensitivity Level (SL) associati.

	Categoria	Descrizione	SL
	Trottoir (concrezioni a marciapiede)	Trottoir di <i>Lithophyllum byssoides</i> (<i>L. trochanter</i> 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/foniculacea/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
Senza popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<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>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	Popolamenti a <i>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	6
	<i>Ulva/Cladophora</i>	Popolamenti a <i>Ulva</i> e/o <i>Cladophora</i>	3
	Cianobatteri/ <i>Derbesia</i>	Popolamenti dominati da Cyanobatteria e/o <i>Derbesia tenuissima</i>	1
Fanerogame	<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)

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.

Costa Livornese – Livorno Romito. (2018). I popolamenti maggiormente rappresentati sono *Cystoseira compressa* (52,3%), Dictyotales/Stypocaulaceae (36,5%) e da Corallina (7,5%). Presenti anche Corallinales incrostanti (1,9%) e mitili (0,9%). La stazione risulta essere in classe BUONA (RQE = 0,71).

Costa Piombino – Promontorio Piombino. (2018). I popolamenti maggiormente rappresentati sono Dictyotales/Stypocaulaceae (60,2%), *Cystoseira compressa* (32,8%), e da Corallina (6,9%). La stazione risulta essere in classe BUONA (RQE = 0,69).

Costa dell’Uccellina – Cala di Forno. (2018). Il popolamento è suddiviso tra Dictyotales/Stypocaulaceae (48,2%) e *Cystoseira compressa* (44,4%); presente anche Corallina (7,4%). La stazione risulta essere in classe ELEVATA (RQE = 0,82).

Costa Argentario - Porto Santo Stefano. (2018). Il popolamento maggiormente rappresentato è costituito da concrezioni a marciapiede o troitter che rappresenta il 60%; *Cystoseira compressa* presente per il 15,9% mentre le Corallinales incrostanti per il 14,4%. Seguono , ma in quantità minore *Cystoseira amentacea* a grandi chiazze (C3), circa il 6%, *Cystoseira amentacea* a cintura (C4) per il 2,1%. La stazione risulta essere in classe ELEVATA (RQE = 1,05).

Costa Burano – Ansedonia. (2018). Il popolamento è costituito soprattutto da Dictyotales/Stypocaulaceae, che ne rappresenta il 78%; è presente anche Corallina (17,1%) e concrezioni a marciapiede o troitter (4,9%). La stazione risulta essere in classe BUONA (RQE = 0,68).

Arcipelago Isola d’Elba - Elba Nord. (2017) I popolamenti maggiormente rappresentati sono *Cystoseira compressa* (48,7%) e Corallina (26,9%), seguito dal Dictyotales/Stypocaulaceae (19,9%) e da *Lytophyllum* (4,5%). La stazione risulta essere in classe ELEVATA (RQE = 0,76).

Arcipelago Isola d’Elba - Elba Sud. (2017). 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 *Lytophyllum* 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 Isole Minori – Giglio. (2017). 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 Isole Minori – Montecristo. (2017). 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 triennio.

Arcipelago Isole Minori – Capraia. (2017). 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 5.1.3.1 i popolamenti presenti nelle diverse stazioni monitorate nel triennio 2016-2018, risultano essere diversificati sia a livello qualitativo sia a livello quantitativo. Per quanto riguarda le stazioni di Romito, Piombino e Elba Sud i due popolamenti che predominano sono *Dictyotales/Stypocaulaceae* e *Cystoseira compressa* che rappresentano insieme tra il 90-80% di tutti i popolamenti presenti.

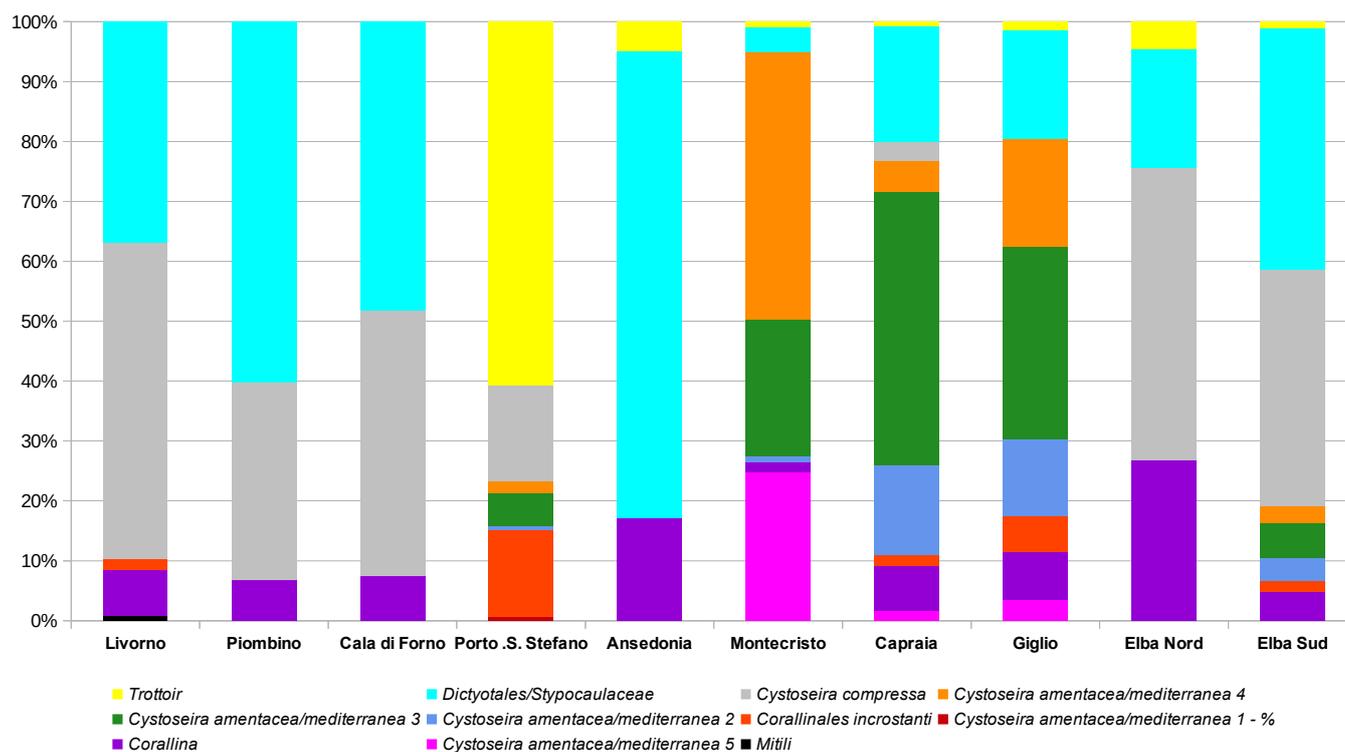
Ansedonia è popolata da *Dictyotales/Stypocaulaceae*, Corallina e da *Lytrophyllum* (Troittoir).

Nella stazione Elba Nord si ha una predominanza di *Cystoseira compressa*, Corallina e *Dictyotales/Stypocaulaceae* che superano, nel complesso, il 95%.

Porto Santo Stefano è la stazione con più alta percentuale di popolamento a *Lytrophyllum* (Troittoir)

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 *Lytrophyllum* (Troittoir) in tutte le stazioni insulari .

Figura 5.1.3.1 - Struttura della comunità macroalgale in percentuale di riempimento 2016-2018



In Tabella 5.1.3.2 sono riassunti i dati RQE CARLIT per il triennio. Dei 7 corpi idrici monitorati 3 (Costa dell'Uccellina, Costa Argentario e Arcipelago Isole Minori) risultano essere in classe **Elevata**, mentre le restanti 4 (Costa livornese, Costa Piombino, Costa Burano e Arcipelago Isola d'Elba) in classe di qualità ecologica **Buona**.

Tabella 5.1.3.2 - EQR relativi e stato ambientale relativo all'indice CARLIT: triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stato Triennio 2016-2018	Descrizione	CARLIT
Costa Livornese	B	Livorno	0,71
Costa Piombino	B	Salivoli	0,69
Costa Uccellina	E	Cala di Forno	0,82
Costa Argentario	E	Porto Santo Stefano	1,05
Costa Burano	B	Ansedonia	0,68
Arcipelago Isola d'Elba	B	Elba Nord	0,76
		Elba Sud	0,73
Arcipelago Isole Minori	E	Giglio	0,88
		Montecristo	1,17
		Capraia	1,05

5.1.4 Angiosperme: praterie a *Posidonia oceanica*.

Come per il macrozoobenthos e le macrofite, la cadenza di questo campionamento è triennale e nell'anno 2018 sono state campionate, dal 10 al 14 settembre, 4 stazioni per lo studio della *Posidonia oceanica*: Antignano, Rosignano, Carbonifera e Salivoli.

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

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

Il campionamento per la stazione posta a 15 m include la definizione di 3 aree (400 m² circa ciascuna, distanziate di 10 m tra loro), in ciascuna delle quali sono state effettuate:

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

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 metri, su substrato sabbioso. Tra questi parametri, la densità è l'unica misura che viene effettuata direttamente in mare, in immersione da parte degli operatori subacquei. La misura della densità è effettuata contando i fasci presenti all'interno di quadrati di 40x40 cm di lato.

In particolare, per ciascun sito sono state identificate tre aree (A1, A2, A3), di circa 400 m² a 15 m di profondità, distanziate circa 10 m tra loro. In ciascuna area sono state eseguite cinque stime di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40x40 cm, per un totale di 15 repliche, e il prelievo di sei fasci ortotropi, per un totale di 18 fasci; i numeri di fasci per quadrato devono essere poi estrapolati al 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 profondità e tipologia, *sensu* Pergent *et al.* (1995). I dati sono

stati utilizzati per il calcolo dell'Indice di classificazione ecologica PREI (Posidonia oceanica Rapid Easy Index) (Gobert et al., 2009) ai sensi del D.Lgs 152/06. L'indice multimetrico, il cui valore può oscillare tra 0 e 1, include il calcolo di cinque descrittori: la densità della prateria (fasci/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.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'analisi della posidonia nelle 4 stazioni indagate nel 2018, e in Tabella 5.1.4.1 una sintesi dei risultati. Per le altre monitorate nel 2016 e nel 2017 si rimanda alle rispettive relazioni annuali.

Costa Livornese – Antignano. Questa stazione è stata campionata il 10 settembre 2018. La prateria si presenta di tipo pura ma, discontinua, su substrato misto roccioso e sabbioso. Il suo limite regressivo si trova ad una profondità di circa 20 m. La stazione intermedia a (15 m di profondità) ha una densità di 332,6 fasci/m² ed un ricoprimento di posidonia pari all'85%. Sul limite inferiore si registra una densità di 228,1 fasci/m²; sempre in questa zona i fasci erano scalzati per circa il 30%.

Costa Rosignano – Rosignano. Il campionamento, eseguito l'11 settembre 2018, ha confermato una situazione un po' particolare per questa prateria fortemente impattata dalla vicinanza dello scarico dell'impianto Solvay. La prateria risulta essere impiantata principalmente su matte morte ed essere di tipo discontinua e mista per la presenza dell'abbondante alga verde *Caulerpa racemosa*. Il suo limite inferiore si trova a soli 10 m di profondità, il ricoprimento è pari a circa il 75% e la densità è di 380,2 fasci/m². Lungo il limite inferiore, di tipo erosivo, si ha una presenza di rizomi plagiotropi per circa il 43% ed uno scalzamento degli stessi del 26% circa. La densità in corrispondenza della stazione intermedia è di 524,3 fasci/m² con un ricoprimento di posidonia del 60%, di matte morta del 20% di *C. racemosa* del 20%.

Tabella 5.1.4.1: Valori di alcuni parametri e dell'indice PREI calcolati nei siti indagati nel 2018

Corpo idrico	Stazione	Parametri	Dati	PREI	
				EQR	Stato
Costa Livornese	Antignano	Densità (fascio/m ²)	332,60	0,603	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	223,7		
		Prof limite inf (m)	20,4		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	115,5		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1218,3		
		Tipo di limite (λ) (*)	-3		
Costa Rosignano	Rosignano	Densità (fascio/m ²)	524,31	0,524	S
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	135,1		
		Prof limite inf (m)	6,0		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	122,5		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	969,7		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
Costa Piombino	Promontorio di Piombino	Densità (fascio/m ²)	223,61	0,587	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	158,9		
		Prof limite inf (m)	23,6		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	126,3		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	852,9		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
Costa Follonica	Carbonifera	Densità (fascio/m ²)	240,70	0,589	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	190,5		
		Prof limite inf (m)	20,6		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	146,7		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	930,9		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
-3= limite regressivo; 0=limite netto; 3=limite progressivo o erosivo					

Costa Piombino – Promontorio di Piombino. Il campionamento, eseguito il 13 settembre 2018, ha evidenziato una prateria impiantata su sabbia, di tipo continua e pura. A 15 m di profondità (stazione intermedia) il ricoprimento è pari al 95% con una densità di 223,6 fasci/m². Lungo il limite inferiore, di tipo progressivo, si ha una presenza di rizomi plagiotropi del 39% ed uno scalzamento degli stessi del 19% circa. La densità lungo il limite inferiore, rilevato alla profondità di 23,6 m, è di circa 198 fasci.m² con un ricoprimento di posidonia del 92,5%.

Costa Follonica – Carbonifera. In questa stazione, campionata il 14 settembre 2018, si è evidenziata una prateria impiantata su fango, di tipo continua e pura, con un ricoprimento del 95% ed una densità pari a 241 fasci.m² circa. Lungo il limite inferiore, posto a 20,6 m di profondità e di tipo erosivo, si è registrata una densità di 146 fasci/m² ed un ricoprimento dell'85%.; i rizomi plagiotropi rappresentano il 49% mentre quelli scalzati il 39%.

I dati ottenuti per il 2018 evidenziano un EQR (rapporto di qualità ecologico) di buon livello e comunque sempre compreso tra lo stato **SUFFICIENTE** e lo stato **BUONO**.

La metodologia di campionamento per *P. oceanica* prevede anche la granulometria del sedimento e la misura di TOC (carbonio organico totale), sebbene questi due parametri siano da considerarsi facoltativi; si sottolinea, tuttavia, l'importanza di questi dati per una migliore interpretazione del giudizio di qualità di stato ecologico espressa dall'indice PREI. I dati granulometrici e del carbonio organico totale, per l'anno 2018, sono riportati in Tabella 5.1.4.2.

Tabella 5.1.4.2 - Frazioni granulometriche e TOC nei siti di monitoraggio della *Posidonia oceanica* (2018)

Corpo idrico	Descrizione	Ghiaia	Sabbia	Peliti	TOC
		> 2 mm	Compreso tra 2 e 0,063 mm	<= 0,063 mm	% s.s
Costa Livornese	Antignano Limite inferiore	28,1	69,5	2,4	7,1
	Antignano Stazione intermedia	10,1	85,0	4,9	3,7
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro Limite inferiore	18,7	45,8	35,5	3,8
	Rosignano Lillatro Stazione intermedia	41,6	26,4	32,0	5,7
Costa Piombino	Promontorio Piombino Limite inferiore	18,8	43,1	38,1	2,7
	Promontorio Piombino Stazione intermedia	18,4	61,7	19,9	2,4
Costa Follonica	Carbonifera Limite inferiore	5,6	11,9	82,5	2,6
	Carbonifera Stazione intermedia	9,3	13,7	77,0	2,5

Tra i 12 siti indagati nel triennio 2016-2018 il 58% ricade nella categoria **BUONO**, il 25% nella categoria **ELEVATO** e il 17% presenta uno stato di qualità ambientale **SUFFICIENTE** come riportato in Tabella 5.1.4.3

Tabella 5.1.4.3: Valori indice PREI per il triennio 2016-2018 e stato di qualità ecologico triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stato Triennio 2016-2018	Descrizione	PREI
Costa Livornese	B	Antignano	0,603
Costa di Rosignano	S	Rosignano Lillatro	0,524
Costa Piombino	B	Promontorio Piombino	0,587
Costa Follonica	B	Carbonifera	0,589
Costa Albegna	S	Foce Albegna	0,459
Costa dell'Argentario	E	Porto S.Stefano	0,816
Costa Burano	B	Ansedonia	0,590
Arcipelago Isola d'Elba	B	Elba Nord	0,665
		Elba Sud	0,671
Arcipelago Isole Minori	B	Giglio	0,768
		Montecristo	0,882
		Capraia	0,805

5.1.5 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.

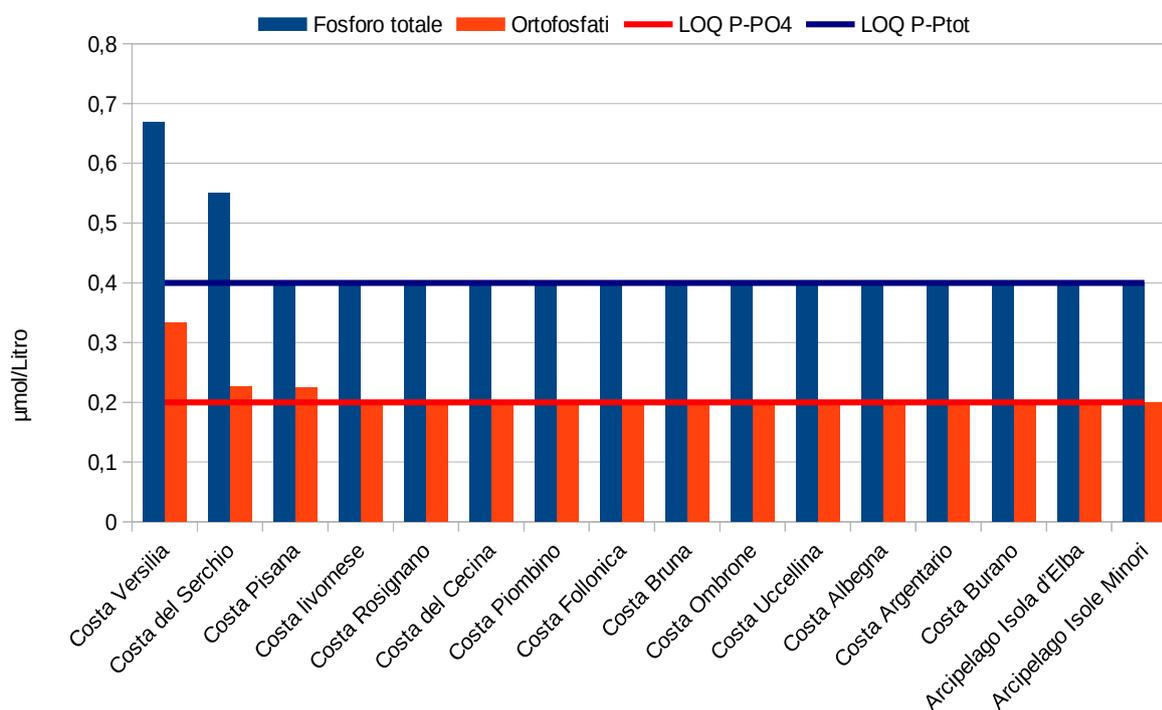
Al fine della classificazione dello stato ecologico, gli elementi chimico fisico a sostegno che occorrono per il calcolo dell'Indice Trofico TRIX sono l'ossigeno disciolto, la clorofilla *a* e i nutrienti, mentre tutti gli altri parametri rilevati, come la trasparenza, la temperatura e la salinità, sono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

Nutrienti

La presenza del fosforo in mare può essere dovuta ad attività di tipo antropico, come industrie conserviere, mangimifici, allevamenti di animali, e fenomeni naturali come il dilavamento del suolo dei bacini naturali. Questo micronutriente viene ricercato in mare sotto due forme : il fosforo totale (P-tot) e fosforo ortofosfato (P-PO₄). La presenza del fosforo totale è legata al particolato di natura organica sospeso lungo la colonna d'acqua che può essere di origine detritica o fitoplanctonica. L'**ortofosfato** è invece la componente assimilabile da parte del fitoplancton e viene utilizzato nel calcolo dell'indice trofico TRIX. In generale nelle acque Toscane questi due elementi sono molto bassi quasi sempre al di sotto del limite di quantificazione.

Nella 5.1.5.1 sono riportate le medie del triennio di questi due microelementi nei vari corpi idrici: le linee blu e rossa stanno a indicare il limite di quantificazione rispettivamente del P-tot (0,4 $\mu\text{mol/l}$) e del P-PO₄ (0,2 $\mu\text{mol/l}$).

Figura 5.1.5.1 - Concentrazioni medie di P-tot e P-PO₄ nei corpi idrici toscani. Triennio 2016-2018

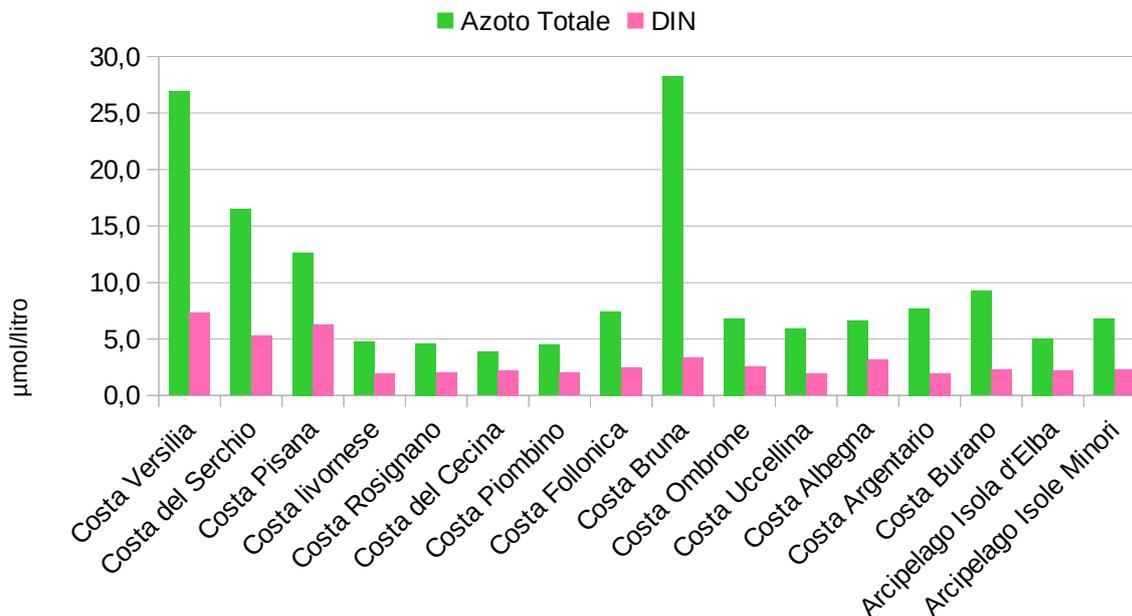


Le componenti azotate ricercate sono l'azoto totale (N-tot) e le sue forme disciolte azoto nitroso (N-NO₂), nitrico (N-NO₃) e ammoniacale (N-NH₃): la somma di queste tre componenti solubili è chiamata DIN, *Dissolved Inorganic Nitrogen*, e viene utilizzata nel calcolo dell'indice trofico TRIX.

Le sorgenti di azoto in ambiente marino sono individuate nell'agricoltura e nel comparto zootecnico, scarichi civili e industriali, oltre che dal dilavamento dei terreni determinato dalle precipitazioni atmosferiche. In particolare, **nitrati** si trovano nelle acque naturali in quanto rappresentano l'ultimo stadio ossidativo del ciclo dell'azoto. Tale ciclo corrisponde al processo di disgregazione della materia organica (proteine) presente nel suolo e nelle acque, da parte di microrganismi che portano dapprima alla formazione di ioni ammonio e successivamente ad una ossidazione di questi a nitriti e nitrati. Inoltre, le maggiori fonti di nitrati per le acque sono rappresentate dall'inquinamento biologico degli agglomerati urbani e dai liquami provenienti dai suoi rifiuti, dai fertilizzanti in agricoltura e dai liquami di stalla, dagli scarichi di automobile e dai processi di combustione. I **nitriti** presenti nelle acque sono indice di una incompleta ossidazione a nitrati delle forme ridotte dell'azoto (azoto organico e ammoniacale) e anche di una immissione diretta da parte di scarichi industriali; la presenza di **ammoniaca** invece è legata alla degradazione biologica dei composti organici azotati (proteine) oltre, ovviamente, all'inquinamento industriale.

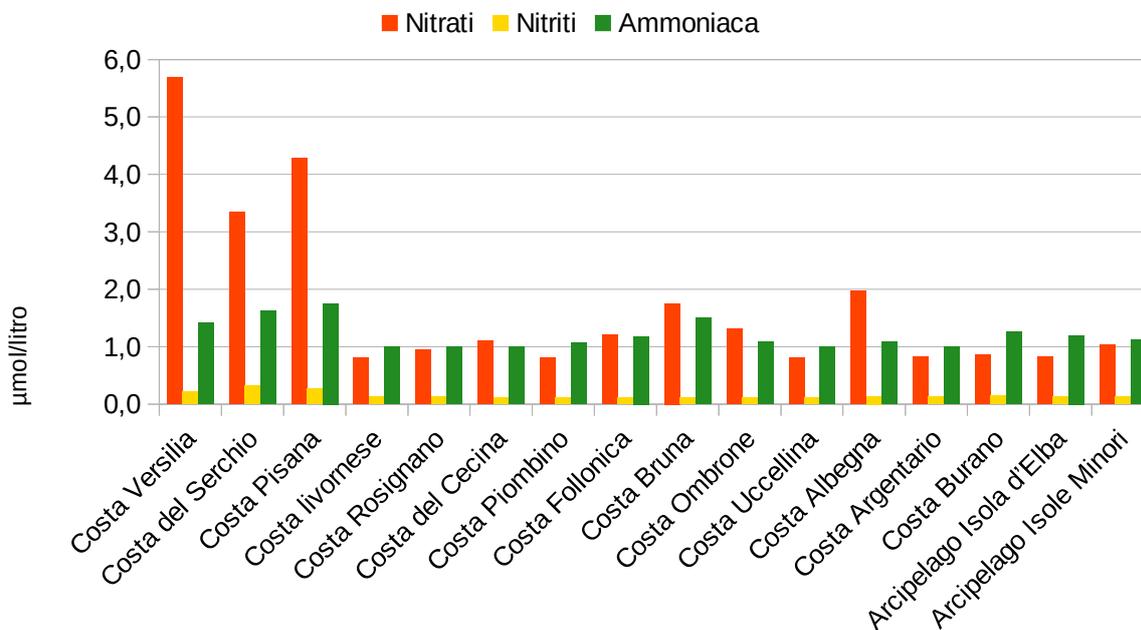
Nella 5.1.5.2 sono rappresentati le medie delle concentrazioni di (N-tot) e DIN: le maggiori concentrazioni di azoto totale si hanno in corrispondenza dei fiumi Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa pisana e Costa del Bruna.

Figura 5.1.5.2 - Concentrazioni medie di N-tot e DIN nei corpi idrici toscani. Triennio 2016-2018



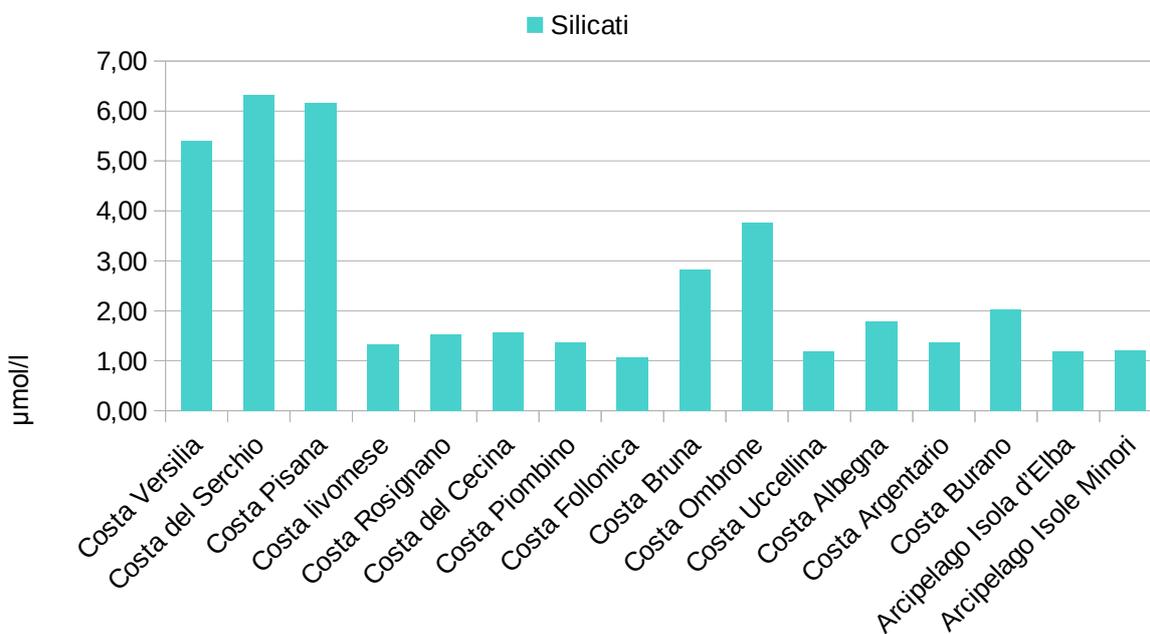
Le componenti azotate che incidono maggiormente sui valori di DIN risultano essere l'azoto nitrico, soprattutto nei tre corpi idrici a nord, e l'azoto ammoniacale (5.1.5.3).

Figura 5.1.5.3 - Concentrazioni medie di N-NO₂, N-NO₃ e N-NH₃ nei corpi idrici toscani. Triennio 2016-2018



La presenza di silice in mare è maggiore nei corpi idrici interessati da apporti fluviali, come evidenziato in 5.1.5.4. I valori medi sono più alti nella zona a nord con una concentrazione maggiore di 4,6 $\mu\text{mol/l}$ nel corpo idrico di Costa del Serchio. Nella parte a sud le concentrazioni maggiori sono presso la Costa del Bruna e Costa dell'Ombrone con 2 $\mu\text{mol/l}$.

Figura 5.1.5.4 - Concentrazioni medie di silice nei corpi idrici toscani. Triennio 2016-2018



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. Dall'analisi dei dati si individua però una zona maggiormente caratterizzata da fenomeni di eutrofizzazione, o comunque soggetta a maggiori scostamenti di trofia: tali stazioni sono caratterizzate da valori medi di TRIX prossimi a 4, il valore indicato dalla normativa come limite tra classe Buono e Sufficiente, per il macrotipo 3, Bassa stabilità.

Come si nota dalla Tabella 5.1.5.1, i valori medi annuali dell'indice trofico TRIX superano il valore soglia nel corpo idrico Costa Pisana nel 2016: in tutti gli altri casi il valore risulta sempre inferiore a 4.

Per ottenere un valore singolo di TRIX per ciascun corpo idrico si provveduto a effettuare prima la media aritmetica tra le stazioni appartenenti a uno stesso corpo idrico e quindi la media aritmetica dei 3 valori annuali di TRIX. I dati medi di TRIX per il periodo 2016-2018 sono riportati in Tabella 5.1.5.1: nessun corpo idrico supera il valore soglia andando pertanto a confermare il valore di classe ecologica ottenuto con gli altri indici.

Tabella 5.1.5.1 - Valori medi annuali dell'indice trofico TRIX

Corpo Idrico	TRIX 2016	TRIX 2017	TRIX 2018	TRIX 2016-2018
Costa Versilia	3,6	3,8	3,7	3,7
Costa del Serchio	4,0	3,8	3,6	3,8
Costa Pisana	4,4	3,7	3,5	3,9
Costa Livornese	2,8	2,8	2,6	2,7
Costa Rosignano	2,8	2,4	2,6	2,6
Costa del Cecina	2,5	2,6	3	2,7
Costa Piombino	2,6	2,6	2,4	2,5
Costa Follonica	3,4	2,0	3,1	2,9
Costa Punta Ala	2,7	3,0	2,5	2,8
Costa Ombrone	2,9	2,4	2,5	2,6
Costa Uccellina	2,5	2,5	2,7	2,6
Costa Albegna	3,0	2,5	2,5	2,6
Costa Argentario	2,0	2,8	2,6	2,4
Costa Burano	2,8	3,1	2,7	2,9
Arcipelago Isola d'Elba	2,4	2,5	2,4	2,5
Arcipelago Isole Minori	2,7	2,6	2,4	2,6

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

Nella colonna d'acqua sono state ricercate le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, riportate nella tabella 1/B del D.Lgs 172/15, delle quali si ipotizza la presenza in base agli studi di pressioni ambientali: per tutte le sostanze monitorate non si sono evidenziati superamenti dei valori dello standard di qualità ambientale in nessuno dei tre anni monitorati. Nella Tabella Tabella 5.1.6.1 sono stati riportati i dati relativi ai metalli arsenico e cromo totale.

Tabella 5.1.6.1 - Metalli non appartenenti all'elenco di priorità (tabella 1/B Dlgs 172/15). Triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Arsenico			Cromo		
		SQA-MA: 5 µg/L			SQA-MA: 4 µg/L		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Costa Versilia	Mar. di Carrara	2	1	1	< 1	< 1	< 1
Costa del Serchio	Nettuno	2	1	2	2	< 1	< 1
Costa Pisana	Fiume Morto	2	1	1	1	< 1	< 1
Costa Livornese	Antianano	2	2	2	1	< 1	< 1
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	2	2	2	1	1	< 1
Costa del Cecina	Mar. Castaneto	2	2	2	2	< 1	< 1
Costa Piombino	Salivoli	2	2	2	1	< 1	< 1
Costa Follonica	Carbonifera	2	2	2	< 1	1	< 1
Costa Punta Ala	Foce Bruna	2	2	2	2	< 1	< 1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2	2	2	2	< 1	< 1
Costa Uccellina	Cala di Forno	2	2	2	2	< 1	< 1
Costa Albeana	Foce Albeana	2	2	2	1	< 1	< 1
Costa Argentario	Porto S. Stefano	2	2	2	1	< 1	< 1
Costa Burano	Ansedonia	2	2	2	4	1	< 1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2	2	2	1	< 1	< 1
	Elba Sud	2	2	2	1	1	< 1
Arcipelago Isole Minori	Gialio	3	2	2	2	< 1	< 1
	Montecristo	2	2	2	1	< 1	< 1
	Capraia	C.n.p	2	2	C.n.p	4	< 1
Legenda	C.n.p	Campionamenti non previsti					

Il D.M.260/10, così come ribadito nel successivo al D.Lgs. 172/15, indica che per ottenere uno stato Elevato, è necessario che la media della concentrazione delle sostanze di sintesi siano minori o uguali ai limiti di quantificazione mentre le concentrazioni delle sostanze di origine naturale ricadano entro i livelli di valore di fondo naturali. Per la classificazione del triennio del monitoraggio operativo si utilizza il valore peggiore della media calcolata per ciascun anno. Qualora nel medesimo corpo idrico si monitorino più siti per il rilevamento dei parametri chimici ai fini della classificazione del corpo idrico si considera lo stato peggiore tra quelli attribuiti alle

singole stazioni. Ai fini dell'elaborazione della media annuale, 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 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale, così ottenuti, sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella Tab. 1/B del D.Lgs 172/2015. (Tabella 5.1.6.1). 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**.

5.2 Stato chimico

Uno degli obiettivi della Direttiva Quadro 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD) è la progressiva riduzione dell'inquinamento causato dalle sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione di scarichi, emissioni e perdite di sostanze pericolose prioritarie stesse. Un corpo idrico è classificato in buono stato chimico se soddisfa, per le sostanze dell'elenco di priorità, tutti gli standard di qualità ambientale fissati nella tabella 1/A (o 2/A se la classificazione viene fatta sulla matrice sedimento). La classificazione dello stato chimico dei corpi idrici del litorale toscano per il triennio 2016-2018 è effettuata come segue:

- per ogni corpo idrico, è stato calcolato il valore medio/annuo di ciascun inquinante riportato alla tab. 1/A del D.Lgs 172/15;
- per la classificazione del triennio, non essendo diversamente indicato, è stato utilizzato per ciascun corpo idrico la media dei valori ottenuti nei singoli anni.

5.2.1 Sostanze chimiche appartenenti all'elenco di priorità: acqua

Rispetto alla tabella 1/A del DM 260/2010, il D.Lgs. 172/2015 introduce nuovi SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale - Media Annuo) 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 quanto riguarda il **mercurio** durante il triennio solo alcune stazioni, riportate in Tabella 5.2.1.1, non rispondono ai requisiti richiesti dal D.Lgs. 172/2015 e dal DGRT 264/2018: pertanto tali corpi idrici (Costa Rosignano, Costa Piombino, Costa Albeana e Arcipelago Isole Minori) non hanno raggiunto il buon stato ambientale (Tabella 5.2.1.1).

Tabella 5.2.1.1 - Concentrazioni di mercurio eccedenti rispetto al SQA-CMA e ai valori di fondo

Corpo idrico	Stazione	Campagna	Mercurio µg/L		
			Concentrazione	SQA-CMA D.Lgs. 172/2015	Valori di Fondo DGRT 264/2018
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	Ottobre 2016	0.11	0.07	0.04
Costa Piombino	Salivoli	Novembre 2017	0.11	0.07	0.04
Costa Albeana	Foce Albeana	Luglio 2017	0.41	0.07	0.26
Arcipelago Isole Minori	Giallo	Agosto 2018	0.08	0.07	-

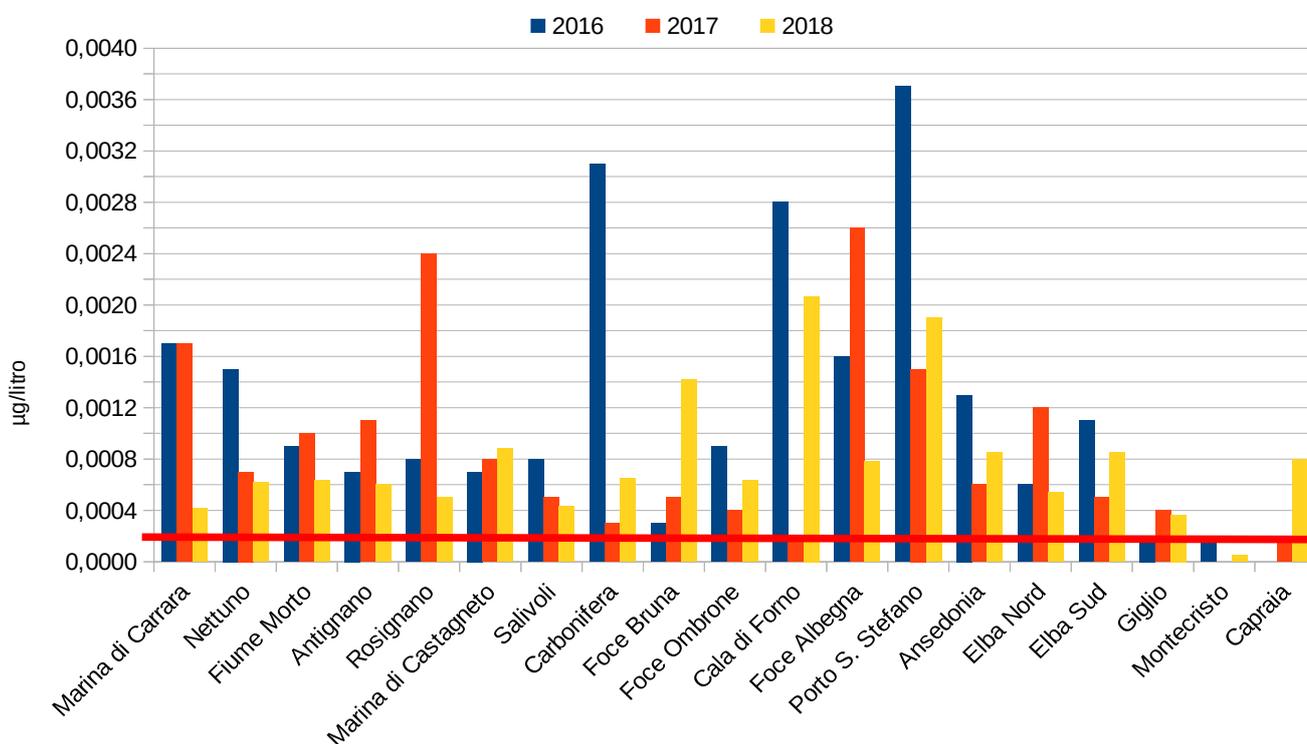
Non si evidenziano superamenti degli standard ambientali per nessuno degli altri metalli inclusi nella tabella 1/A del D.Lgs 172/15.

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 tributilstagno (TBT), 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).

Figura 5.2.1.1 - Concentrazioni medie di TBT nei singoli anni del triennio lungo la costa toscana



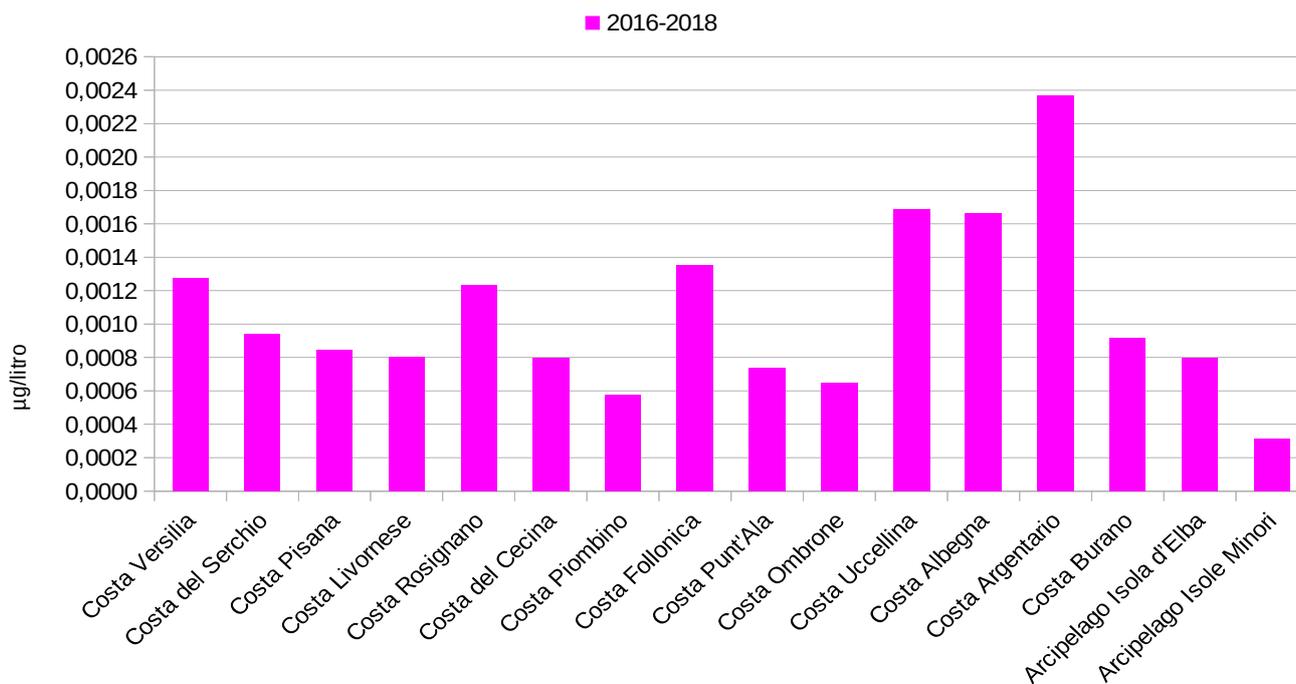
L'Unione Europea, basandosi sull'AFS Convention, nel luglio 2003 ha a sua volta adottato il Regolamento (CE) 782/2003, che vieta l'applicazione delle vernici a base di TBT su ogni tipo di scafo a partire dal 1° luglio 2003, e la loro presenza a partire dal 1° gennaio 2008. Nonostante la messa al bando 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.

La media annuale per i tre anni in oggetto delle concentrazioni di TBT, 5.2.1.1, è in tutte le stazioni superiore allo standard ambientale, tranne che per Giglio nel 2016, Montecristo nel 2016 e 2018 e Capraia 2017. In generale si assiste a una riduzione di questo inquinante dal 2016 a oggi con il valore massimo a 0,0037 µg/l a Porto Santo Stefano nel 2016, 0,0026 µg/l a Foce Albegna nel 2017 e 0,0021 µg/l a Cala di Forno nel 2018.

Figura 5.2.1.2 - Concentrazioni medie di TBT per il periodo 2016-2018



Mediando i dati per l'intero triennio si evidenzia come questo inquinante sia presente in tutti i corpi idrici oltre la soglia di 0,0002 µg/l in tutti i corpi idrici toscani (5.2.1.2), tenuto conto anche del valore dell'incertezza determinata per il metodo analitico utilizzato (Ue=44%).

Inoltre nella maggior parte delle stazioni è stato rilevato almeno un valore maggiore della concentrazione massima ammissibile SQA – CMA (Tabella 5.2.1.2). Tra le stazioni monitorate nei tre anni 5 non superano l' SQA – CMA: Antignano (Costa livornese), Elba Nord (Arcipelago Isola d'Elba), Giglio, Montecristo e Capraia (Arcipelago Isole Minori). Il dato riportato in tabella per 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.

Tabella 5.2.1.2 - Standard di qualità ambientale come concentrazione massima ammissibile per il TBT rilevato nei 3 anni di campionamento

Corpo idrico	Stazione	TBT µg/L		
		SQA-CMA: 0,0015 µg/l		
		2016	2017	2018
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,0080 (luglio)	0,0019 (maggio) 0,0027 (luglio) 0,0016 (settembre)	
Costa del Serchio	Nettuno	0,0120 (luglio)		
Costa Pisana	Fiume Morto	0,0028 (luglio)	0,0021 (maggio)	
Costa Livornese	Antignano			
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,0016 (aprile)	0,0020 (maggio) 0,0051 (luglio) 0,0022 (settembre)	
Costa del Cecina	Marina Castagneto			0,0033 (giugno)
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0,0021 (agosto)		
Costa Follonica	Carbonifera	0,0130 (agosto)		
Costa Punt'Ala	Foce Bruna			0,0047 (aprile)
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,0024 (agosto)		
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,0120 (agosto)		0,0086 (febbraio) 0,0024 (aprile)
Costa Albegna	Foce Albegna	0,0048 (agosto)	0,0043 (novembre)	0,0017 (febbraio) 0,0017 (settembre)
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0,0040 (luglio) 0,0144 (agosto)	0,0018 (giugno) 0,0076 (settembre)	0,0030 (febbraio) 0,0059 (aprile)
Costa Burano	Ansedonia	0,0053 (agosto)		0,0038 (agosto)
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord			
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,0028 (agosto)		0,0016 (gennaio)
Arcipelago Isole Minori	Giglio			
Arcipelago Isole Minori	Montecristo		0,0690 (luglio)	
Arcipelago Isole Minori	Capraia			

Il **benzo[a]pirene**, un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia inorganica e del legname, supera l'SQA-MA nel 2017 in Costa Versilia, in una delle due stazioni dell'Arcipelago Isola d'Elba (Elba Nord) e in due stazioni del corpo idrico

Arcipelago Isole Minori (Giglio e Capraia) come mostra la Tabella 5.2.1.3: la media del triennio mostra un valore al di sotto dello standard ambientale per questa sostanza solo per la Costa Versilia.

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).

Tabella 5.2.1.3 - Concentrazioni di DHEP e BaP nei tre anni di monitoraggio

Corpo idrico	Stazione	Colonna d'acqua (Tab. 1/A)					
		DEHP µg/L			BaP µg/L		
		SQA-MA: 1,3 µg/l			SQA-MA: 0,00017 µg/l		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Costa Versilia	Marina di Carrara	< 0,4	1,6	< 0,4	0,00009	0,00021	0,00017
Costa del Serchio	Nettuno	<i>c.n.p.</i>	0,5	0,5	<i>c.n.p.</i>	0,00017	0,00008
Costa Pisana	Fiume Morto	< 0,4	< 0,4	0,4	0,00011	0,00008	0,00007
Costa Livornese	Antignano	< 0,4	0,4	< 0,4	0,00013	0,00015	0,00013
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	<i>c.n.p.</i>	0,5	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	0,00011	< 0,00005
Costa del Cecina	Marina Castagneto	<i>c.n.p.</i>	< 0,4	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	< 0,00005	< 0,00005
Costa Piombino	Marina di Salivoli	< 0,4	0,5	0,5	<i>c.n.p.</i>	0,00012	0,00009
Costa Follonica	Carbonifera	<i>c.n.p.</i>	< 0,4	0,8	<i>c.n.p.</i>	0,00005	0,00006
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	< 0,4	0,7	0,6	0,00010	< 0,00005	< 0,00005
Costa Ombrone	Foce Ombrone	<i>c.n.p.</i>	< 0,4	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	0,00008	0,00006
Costa Uccellina	Cala di Forno	< 0,4	0,4	< 0,4	0,00008	< 0,00005	< 0,00005
Costa Albegna	Foce Albegna	<i>c.n.p.</i>	1,5	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	0,00009	< 0,00005
Costa Argentario	Porto S. Stefano	< 0,4	0,6	< 0,4	0,00005	0,00012	< 0,00005
Costa Burano	Ansedonia	<i>c.n.p.</i>	0,5	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	< 0,00005	< 0,00005
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,4	< 0,4	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	0,00091	0,00009
	Elba Sud	<i>c.n.p.</i>	< 0,4	0,42	0,00004	< 0,00005	0,00015
Arcipelago Isole Minori	Giglio	< 0,4	0,9	< 0,4	0,00012	0,00180	0,00006
	Montecristo	<i>c.n.p.</i>	1,0	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	< 0,00005	< 0,00005
	Capraia	<i>c.n.p.</i>	1,0	< 0,4	<i>c.n.p.</i>	0,00043	< 0,00005

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

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

c.n.p.: campionamento non previsto

Per quanto riguarda il **fluorantene** e gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**, il **difenileterobromato (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.

Pertanto, mediando i dati del triennio, tutti i corpi idrici non raggiungono lo stato chimico buono per gli alti tenori di TBT; inoltre i corpi idrici Arcipelago Isola d'Elba e Arcipelago Isole Minori presentano superamenti dello standard ambientale anche per il benzo [a] pirene (Tabella 5.2.1.4). Tutte le altre sostanze appartenenti all'elenco di priorità monitorate non mostrano superamenti degli standard ambientali in nessuno dei tre anni del triennio.

Tabella 5.2.1.4 - Concentrazioni medie del triennio 2016-2018 di TBT, DEHP e BaP

Corpo idrico	TBT µg/L	DEHP µg/L	BaP µg/L
	SQA-MA: 0,0002 µg/l	SQA-MA: 1,3 µg/l	SQA-MA: 0,00017 µg/l
Costa Versilia	0,0013	0,7	0,00013
Costa del Serchio	0,0009	0,5	0,00012
Costa Pisana	0,0008	0,3	0,00009
Costa Livornese	0,0008	0,3	0,00014
Costa Rosignano	0,0012	0,4	0,00007
Costa del Cecina	0,0008	0,2	0,00004
Costa Piombino	0,0006	0,4	0,00011
Costa Follonica	0,0014	0,6	0,00005
Costa Punt'Ala	0,0007	0,5	0,00005
Costa Ombrone	0,0006	0,3	0,00007
Costa Uccellina	0,0017	0,2	0,00005
Costa Albegna	0,0017	0,9	0,00007
Costa Argentario	0,0024	0,4	0,00007
Costa Burano	0,0009	0,3	0,00003
Arcipelago Isola d'Elba	0,0008	0,3	0,00025
Arcipelago Isole Minori	0,0003	0,6	0,00036

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

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

5.2.2 Biota

In ottemperanza al D.Lgs 172/15 art 78 – undicies, comma *g*, ISPRA in collaborazione con varie ARPA tra cui anche ARPA Toscana, ha pubblicato a ottobre del 2016 le linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie sul biota (ISPRA, Manuali e Linee Guida 143 2016²). Nel 2017, ARPAT ha iniziato un monitoraggio sperimentale introducendo nei vari corpi idrici il campionamento di pesci, che andava ad aggiungersi a quello dei molluschi già effettuato lungo la costa da anni.

Nel 2018, a seguito della proposta di ARPAT, la Regione Toscana ha approvato con il DGRT 264/2018 il nuovo piano di monitoraggio del biota: in questo ambito sono stati campionati, rispettivamente per i pesci ed i molluschi, 16 e 9 corpi idrici .

Nella presente relazione, che prevede la discussione dei dati del triennio 2016-2018 e la successiva classificazione dei corpi idrici, si è proceduto ad applicare la normalizzazione di tutti i dati disponibili rispetto al livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi taxa, come riportato nelle linee guida.

Infatti, per le sostanze che si accumulano soprattutto nella porzione lipidica degli organismi (difenileteri bromurati, esaclorobutadiene, esaclorobenzene, dicofol, fluorantene, benzo[a]pirene) le concentrazioni misurate nel biota devono essere normalizzate rispetto ad un contenuto lipidico del 5% per i pesci e del 1% per i molluschi ed i crostacei, mentre per le sostanze che non accumulano attraverso la ripartizione idrofobica nei lipidi come, per esempio, il mercurio e l'acido perfluorottansolfonico (PFOS), ma attraverso un altro meccanismo di accumulo, la normalizzazione lipidica deve essere sostituita dalla normalizzazione basata sul peso secco. Il valore di peso secco predefinito per il pesce è pari al 26% mentre i molluschi ed i crostacei è rispettivamente di 8,3% e 24%. Nella Tabella 5.2.2.1 sono riportati gli SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi taxa a cui fare riferimento per la classificazione dello stato chimico.

Si fa presente che, nella precedente relazione annuale, i dati relativi all'anno 2017, erano stati presentati senza normalizzazione, pertanto non confrontabili con gli SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi taxa

Tabella 5.2.2.1: SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi taxa; N.A.: non applicabile; N.D.: dati non disponibili. TMF calcolati *su base lipidica, **su peso secco, ***su peso fresco. Fonte: ISPRA - Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015)

Sostanza	Matrice da monitorare secondo DLgs 172/2015	SQA _{biota} (DLgs 172/2015)	TMF	SQA _{biota} Corretti e normalizzati						Unità di misura
				TAXA LIVELLO TROFICO	SQA _{pesce} PESCE 4	SQA _{pesce} PESCE 3	SQA _{pesce} PESCE 2	SQA _{mollusco} MOLLUSCO 2	SQA _{crostaceo} CROSTACEO 2	
Difenileteri bromurati (PBDE)	Pesci	0,0085	1,8*		0,2	0,1	0,05	0,05	0,05	[µg/kg lipide]
DDT	Pesci (<5% grassi)	50	N.A.		50	50	50	N.A.	N.A.	[µg/kg peso umido]
DDT	Pesci (>5% grassi)	100	N.A.		100	100	100	N.A.	N.A.	[µg/kg peso umido]
Fluorantene	Crostacei e molluschi	30	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	3000	3000	[µg/kg lipide]
Esaclorobenzene (HCB)	Pesci	10	2,7*		200	74	27	27	27	[µg/kg lipide]
Esaclorobutadiene (HCBD)	Pesci	55	N.D.		1100	1100	1100	1100	1100	[µg/kg lipide]
Mercurio e composti	Pesci	20	2,2**		77	35	16	16	16	[µg/kg peso secco]
Benzo[a]pirene	Crostacei e molluschi	5	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	500	500	[µg/kg lipide]
Dicofol	Pesci	33	N.D.		660	660	660	660	660	[µg/kg lipide]
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	Pesci	9,1	2,1***		35	17	8	25	9	[µg/kg peso secco]
Diossine e composti diossina-simili	Pesci, crostacei e molluschi	0,0065 TEQ	N.A.		0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	[µg/kg peso umido]
Esabromociclododecano (HBCDD)	Pesci	167	2,7*		3340	1231	454	454	454	[µg/kg lipide]
Eptacloro ed eptacloro epossido	Pesci	0,0067	N.D.		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	[µg/kg lipide]

Per quanto riguarda il valore attribuito alle stazioni, non essendoci indicazioni in merito ed essendo stati utilizzati pesci con livelli trofici diversi si è provveduto ad effettuare la classificazione in base al dato peggiore ottenuto nei tre anni di campionamento.

5.2.2.1 Molluschi

I campionamenti dei molluschi sono stati eseguiti in concomitanza con quelli previsti per le acque destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/2006 all. 2 sezione C).

Gli organismi bioaccumulatori di riferimento per le acque marino costiere sono *Donax trunculus* Linnaeus, 1758, per i corpi idrici Costa del Serchio e Costa Pisana, e *Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819 per tutti gli altri.

Sono stati prelevati, tra il 2017 e il 2018, 15 campioni di bivalvi. 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 molluschi 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 nel 2017 minori del limite di quantificazione rispettivamente < 10 µg/kg e < 1 µg/kg, mentre per il 2018 l'unica eccezione risulta essere la stazione Elba Nord che comunque è conforme per entrambi gli analiti agli standard ambientali.

Nel 2017 sono state inoltre condotte indagini sulle dibenzodiossine policlorurate (PCDD) e dibenzofurani policlorurati (PCDF). Il D.lgs 172/2015, secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, dice 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. Tale decreto riporta come standard di qualità ambientale per il biota il valore di 6,5 ng/Kg WHO-TEQ per la somma PCDF+PCDD+PBC-DL. Nei sopraccitati regolamenti della commissione europea la nota 32 indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore upper bound. Il limite di quantificazione di upper bound del metodo utilizzato da ARPAT (5,3 ng/Kg WHO-TEQ) risulta essere molto vicino al limite di legge (6,5 ng/Kg), e 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.

Ad ogni modo, per il 2018 i dati forniti dal laboratorio indicano che la somma di PCDF+PCDD+PBC-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ, è per tutte le stazioni monitorate al di sotto dello standard ambientale.

5.2.2.2 Pesci

Il gruppo di esperti di ARPAT ha preferito indicare come specie ittica di riferimento il cefalo appartenente al genere *Liza* (*L. ramada*, *L. aurita*) o *Chelon* (*C. saliens*, *C. labrosus*); specie diverse da quelle suggerite dalle linee guida: questo perché molto più comuni lungo le coste toscane. 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.

Mercurio e PFOS. Le analisi condotte su pesci campionati in 13 corpi idrici nel 2017 e in 15 nel 2018 hanno indicato una situazione di bioaccumulo di mercurio su tutta la costa. In base alle linee guida il valore ottenuto è stato normalizzato in base al peso secco e confrontate con SQA normalizzato sulla base anche del livello trofico del pesce campionato (Tabella 5.2.2.2.)

Tabella 5.2.2.2 - Mercurio : SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del peso secco e valori normalizzati per la frazione di peso secco

Mercurio	2017			2018		
SQA_{biota} normalizzato Livello trofico 2: 16 µg/kg peso secco Livello trofico 3: 35 µg/kg peso secco	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico
Costa Versilia	181	<i>Liza ramada</i>	2	63	<i>Liza ramada</i>	2
Costa del Serchio	250	<i>Liza ramada</i>	2	51	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Pisana	127	<i>Liza ramada</i>	2	37	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Livornese	173	<i>Liza ramada</i>	2	144	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Rosignano	381	<i>Liza aurita</i>	3	191	<i>Chelon salies</i>	3
Costa del Cecina	331	<i>Liza ramada</i>	2	177	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Piombino	419	<i>Liza aurita</i>	3	166	<i>Liza aurita</i>	3
Costa Punta Ala	104	<i>Liza ramada</i>	2	328	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Ombrone	188	<i>Liza ramada</i>	2	117	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Uccellina	250	<i>Liza aurita</i>	3	328	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Albegna	381	<i>Liza ramada</i>	2	155	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Argentario	Non campionato		2	77	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Burano	162	<i>Liza ramada</i>	2	237	<i>Liza ramada</i>	2
Arcipelago Isola d'Elba	Non campionato		3	195	<i>Chelon labrosus</i>	3
Arcipelago Isole Minori	165	<i>Chelon labrosus</i>	3	273	<i>Liza aurita</i>	3

Anche l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) lo standard ambientale normalizzato delle linee guida è espresso come µg/kg peso secco, pertanto i dati sono stati normalizzati e confrontati con i relativi SQA_{biota} normalizzati in relazione al livello trofico del pesce analizzato.

Nel 2017, applicando quanto riportato dalle linee guida, cioè la normalizzazione dei dati sulla base del peso secco e del livello trofico dell'organismo analizzato, risultano non conformi 6 corpi idrici su 13 (Costa Versilia, Costa Pisana, Costa livornese, costa del Cecina, Costa dell'Ombrone e Costa Burano).

Nel 2018 si rileva un trend in miglioramento, infatti, risultano non conformi 3 corpi idrici su 15 campionati (Costa Livornese, Costa dell'Albegna e Costa dell'Argentario), come mostrato in Tabella 5.2.2.3.

Tabella 5.2.2.3 - PFOS: SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del peso secco e valori normalizzati per la frazione di peso secco

PFOS	2017			2018		
SQA_{biota} normalizzato Livello trofico 2: 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso secco Livello trofico 3: 17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso secco	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico
Costa Versilia	10,85	<i>Liza ramada</i>	2	5,63	<i>Liza ramada</i>	2
Costa del Serchio	3,92	<i>Liza ramada</i>	2	2,07	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Pisana	30,23	<i>Liza ramada</i>	2	0,32	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Livornese	20,58	<i>Liza ramada</i>	2	11,44	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Rosignano	0,73	<i>Liza aurita</i>	3	0,07	<i>Chelon salies</i>	3
Costa del Cecina	15,08	<i>Liza ramada</i>	2	4,62	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Piombino	2,08	<i>Liza aurita</i>	3	0,74	<i>Liza aurita</i>	3
Costa Punta Ala	0,65	<i>Liza ramada</i>	2	1,01	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Ombrone	12,19	<i>Liza ramada</i>	2	1,83	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Uccellina	1,42	<i>Liza aurita</i>	3	7,02	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Albegna	1,88	<i>Liza ramada</i>	2	9,68	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Argentario	Non campionato		2	10,23	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Burano	11,69	<i>Liza ramada</i>	2	6,66	<i>Liza ramada</i>	2
Arcipelago Isola d'Elba	Non campionato		3	1,26	<i>Chelon labrosus</i>	3
Arcipelago Isole Minori	2	<i>Chelon labrosus</i>	3	0,29	<i>Liza aurita</i>	3

Dicofol, esaclorobutadiene e esaclorobene

Le concentrazioni di questi parametri devono essere normalizzati sulla base del contenuto lipidico del 5% poiché questo valore standard è stato utilizzato nella derivazione degli SQA_{biota} riferito ai pesci. Il dicofol e l'esaclorobutadiene risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati.

L'esaclorobenzene (HCB) presenta superamenti dello standard ambientale in due corpi idrici nel 2017 (Costa livornese e Costa Rosignano) e in tre nel 2018 (Costa livornese, Costa dell'Uccellina e Costa dell'Argentario).

La concentrazione maggiore è stata rilevata nel 2017 in Costa Rosignano (82 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide).

Tabella 5.2.2.4 - HCB: SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e valori normalizzati per la frazione lipidica

HCB	2017			2018		
SQA _{biota} normalizzato pesce per Livello trofico 2: 27 µg/kg lipide Livello trofico 3: 74 µg/kg lipide	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico	Valore normalizzato	Specie	Livello trofico
Costa Versilia	16	<i>Liza ramada</i>	2	16	<i>Liza ramada</i>	2
Costa del Serchio	11	<i>Liza ramada</i>	2	18	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Pisana	10	<i>Liza ramada</i>	2	10	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Livornese	30	<i>Liza ramada</i>	2	36	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Rosignano	82	<i>Liza aurita</i>	3	46	<i>Chelon salies</i>	3
Costa del Cecina	25	<i>Liza ramada</i>	2	30	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Piombino	10	<i>Liza aurita</i>	3	20	<i>Liza aurita</i>	3
Costa Punta Ala	6	<i>Liza ramada</i>	2	6	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Ombrone	< 1	<i>Liza ramada</i>	2	20	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Uccellina	15	<i>Liza aurita</i>	3	56	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Albegna	9	<i>Liza ramada</i>	2	28	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Argentario	Non campionato		2	80	<i>Liza ramada</i>	2
Costa Burano	18	<i>Liza ramada</i>	2	12	<i>Liza ramada</i>	2
Arcipelago Isola d'Elba	Non campionato		3	10	<i>Chelon labrosus</i>	3
Arcipelago Isole Minori	6	<i>Chelon labrosus</i>	3	10	<i>Liza aurita</i>	3

Attualmente i laboratori ARPAT non dispongono delle risorse ottimali ai fini dell'implementazione dei metodi per la ricerca dei contaminanti previsti dal D.Lgs 172/15, quali esabromociclododecano (HBCDD), eptacloro e eptacloro epossido, ai valori di LOD ivi previsti per la matrice pesci. 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.

DDT e Diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL).

Questi parametri non necessitano di una standardizzazione. Per il DDT è stato riscontrato un solo superamento, avvenuto nel 2017 relativamente al pesce campionato nel corpo idrico di Costa del Cecina (58 µg/kg).

Per quanto riguarda i **PCDF+PCDD+PCB-DL**, il D.lgs 172/2015, riporta come standard di qualità ambientale per il biota il valore di 6,5 ng/Kg e secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, dice 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 indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore *upper bound*. Come già indicato nel paragrafo relativo ai molluschi, il limite di quantificazione di *upper bound* del metodo utilizzato da ARPAT (5,3 ng/Kg WHO-TEQ) risulta essere molto vicino al limite di legge (6,5 ng/Kg), e 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.

Tabella 5.2.2.5 - PCDD, PCDF, PCB-DL: SQA_{biota} TEQ peso umido e relative concentrazioni

PCDD, PCDF, PCB-DL	2017	2018
SQA _{biota} 0,0065 TEQ µg/kg peso umido		
Costa Versilia	0,0072	0,0033
Costa del Serchio	0,0193	0,0022
Costa Pisana	0,0058	0,0016
Costa Livornese	0,0110	0,0031
Costa Rosignano	0,0086	0,0026
Costa del Cecina	0,0273	0,0010
Costa Piombino	0,0110	0,0027
Costa Punta Ala	0,0110	0,0005
Costa Ombrone	0,0061	0,0028
Costa Uccellina	0,0057	0,0013
Costa Albegna	0,0055	0,0011
Costa Argentario	Non campionato	0,0065
Costa Burano	0,0071	0,0008
Arcipelago Isola d'Elba	Non campionato	0,0085
Arcipelago Isole Minori	0,0071	0,0005

Tenendo conto di questo sono stati riscontrati 8 superamenti del SQA_{biota} per questi composti: tra questi 9 sono particolarmente rilevanti essendo 10 volte superiori all'SQA nel 2017 (Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa livornese, Costa Rosignano, Costa del Cecina, Costa Piombino, Costa Punt'Ala, Costa Burano e Arcipelago Isole Minori) mentre nel 2018 solo 1 (Arcipelago Isola d'Elba). I dati sono riportati in Tabella 5.2.2.5. La concentrazione maggiore è stata rilevata nel Corpo idrico Costa del Cecina (0,0273 µg/kg) nel 2017.

6. Sedimenti

Sono stati effettuati 17 prelievi di sedimenti tra il 9 e il 16 dicembre 2016, 17 tra il 15 di giugno e il 26 settembre 2017 e 19 tra il 3 ottobre e il 18 dicembre 2018 per un totale di **53 campioni**.

I prelievi sono stati eseguiti 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 nelle tabelle successive.

Tabella 6.1 - Mercurio nei sedimenti seconda la Tab.2/A del D.Lgs 172/15- triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Sedimento Mercurio: SQA – MA 0,3mg/kg s.s Margine di tolleranza del 20%: 0,36 mg/kg s.s.			DRT. 264/18 Valori di fondo
		2016	2017	2018	
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,02	0,02	0,03	0,5
Costa del Serchio	Nettuno	0,05	0,06	0,07	0,5
Costa Pisana	Fiume Morto	0,05	0,06	0,07	0,5
Costa Livornese	Antignano	0,94	0,85	1,82	0,5
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,59	0,5	0,7	0,5
Costa del Cecina	Marina Castagneto	0,17	0,08	<1	0,5
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0,21	0,2	0,24	0,5
Costa Follonica	Carbonifera	0,85*	0,26	0,77*	1,4
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,26	0,53	0,28	1,4
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,32	0,35	0,11	1,4
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,32	0,45	0,39*	1,4
Costa Albegna	Foce Albegna	0,86*	0,54	0,57*	1,4
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0,56*	0,62	0,99*	1,4
Costa Burano	Ansedonia	1,05*	0,63	0,72*	1,4
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,17	0,13	0,16	0,5
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,29	0,28	0,33	0,5
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,17	0,20	0,20	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	n.c	0,22	0,04	0,5
Arcipelago Isole Minori	Capraia	n.c	0,03	0,03	0,5

In grassetto: e rosso valori che superano gli SQA, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

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

ND: non disponibile; n.c. non campionato

Tabella 6.2 - Cadmio nei sedimenti seconda la Tab.2/A del D.Lgs 172/15- triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Sedimento Cadmio: SQA – MA 0,3 mg/kg s.s Margine di tolleranza del 20%: 0,36 mg/kg s.s			DRT. 264/18 Valori di fondo
		2016	2017	2018	
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,10	0,20	0,60	< SQA
Costa del Serchio	Nettuno	0,30	0,30	1,1*	1,2
Costa Pisana	Fiume Morto	0,30	0,30	1,10	0,6
Costa Livornese	Antignano	0,40	0,40	0,90	< SQA
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,40*	0,40*	0,60*	0,6
Costa del Cecina	Marina Castagneto	0,30	0,40*	0,90	0,6
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0,50*	0,50*	1,2*	1,2
Costa Follonica	Carbonifera	0,40*	0,40*	1,20	0,6
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,30	0,40*	0,90	0,6
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,30	0,20	1,20	0,6
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,30	0,30	1,40	0,6
Costa Albegna	Foce Albegna	0,40*	0,60*	2,00	0,6
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0,40*	0,80	2,20	0,6
Costa Burano	Ansedonia	0,40*	0,70	1,50	0,6
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,40*	0,40*	1,10	0,6
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,80*	1,00*	2,30	1,2
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,30	0,60	1,00	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	n.c.	0,40	0,30	0,6
Arcipelago Isole Minori	Capraia	n.c.	0,20	0,20	0,6

In grassetto: e rosso valori che superano gli SQA, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

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

ND: non disponibile; n.c. non campionato

I corpi idrici di Costa livornese e Costa di Rosignano, interessate dalla contaminazione determinata dallo scarico dello stabilimento Solvay, presentano valori di **mercurio** superiori allo standard ambientale indicato dal D.Lgs 172/15 e dal DRT. 264/18, con tendenza all'aumento nell'arco dei 3 anni (Tabella 6.1). Il valore più alto rilevato nel triennio è di 1,82 mg/kg s.s. nel corpo idrico Costa livornese.

Il **cadmio** è superiore allo standard ambientale in Costa Livornese durante tutto il triennio. Si assiste dal 2016 al 2018 a un sensibile aumento di questo metallo su tutta la costa toscana con superamenti nel 2018 in quasi tutti i corpi idrici: uniche eccezioni sono Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa di Rosignano, Costa Piombino e 2 stazioni dell'Arcipelago isole Minori (Montecristo e Capraia), come evidenziato in Tabella 6.2. Il valore più alto registrato nel triennio è di 2,3 mg/kg s.s. nel corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, stazione di Elba Sud.

Nel 2016 e nel 2017 il **piombo** risultava essere inferiore allo standard di qualità ambientale secondo il D.Lgs 172/15 e la DRT 264/18 lungo tutta la costa toscana. Nel 2018 invece si rilevano superamenti in 4 corpi idrici: Costa Piombino, Costa Albegna, Costa Argentario e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Sud). Il valore più alto registrato nel triennio è di 84 mg/kg s.s. nel corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, stazione di Elba Sud Tabella 6.3.

Tabella 6.3 - Piombo nei sedimenti seconda la Tab.2/A del D.Lgs 172/15- triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Sedimento Piombo: SQA – MA 30 mg/kg s.s Margine di tolleranza del 20%: 36 mg/kg s.s			DRT. 264/18 Valori di fondo
		2016	2017	2018	
Costa Versilia	Marina di Carrara	9	8,9	14	< SQA
Costa del Serchio	Nettuno	21	16	24	< SQA
Costa Pisana	Fiume Morto	19	16	24	< SQA
Costa Livornese	Antignano	26	23	33	38
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	16	15	19	< SQA
Costa del Cecina	Marina Castagneto	13	12	16	< SQA
Costa Piombino	Marina di Salivoli	35	32	46	38
Costa Follonica	Carbonifera	23	22	34	38
Costa Punta Ala	Foce Bruna	17	18	28	< SQA
Costa Ombrone	Foce Ombrone	18	13	21	< SQA
Costa Uccellina	Cala di Forno	20	13	28	< SQA
Costa Albegna	Foce Albegna	18	17	41	< SQA
Costa Argentario	Porto S. Stefano	25	26	39	38
Costa Burano	Ansedonia	23	21	35	38
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	29	27	35	38
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	57*	58*	84	75
Arcipelago Isole Minori	Giglio	17	21	33	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	n.c	20	10	< SQA
Arcipelago Isole Minori	Capraia	n.c	8	6	< SQA

In grassetto: e rosso valori che superano gli SQA, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

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

ND: non disponibile; n.c. non campionato

Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015 (**TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD**) nel 2016 e nel 2018 sono risultate inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa. Nel 2017 invece alcune sostanze di sintesi, quali naftalene, DDT, DDE e DDD, hanno superato gli standard ambientali in alcuni corpi idrici: **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.

Sono state inoltre ricercate le sostanze riportate in tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015 quali **IPA** (vari composti), **PCB-DL, PCDD, PCDF** e esaclorobenzene (**HCB**). La sommatoria T.E. dei PCDD PCDF PCB-DL risulta essere inferiore allo standard ambientale in tutti e tre gli anni monitorati; tra gli IPA, il **benzo[a]pirene** non rispetta lo standard ambientale di 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s. (36 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s. tenendo conto del 20% di tolleranza) nel Corpo idrico di Rosignano Lillatro nel 2018 con un valore pari a 64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s..

Tabella 6.4 - HCB nei sedimenti seconda la Tab.3/A del D.Lgs 172/15- triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Sedimento Esaclorobenzene (HCB): SQA – MA 0,4mg/kg s.s Margine di tolleranza del 20%: 0,48 mg/kg s.s		
		2016	2017	2018
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,14	0,11	0,10
Costa del Serchio	Nettuno	0,15	0,11	< 0,1
Costa Pisana	Fiume Morto	0,13	0,15	0,10
Costa Livornese	Antignano	2,00	1,04	2,70
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	< 0,1	0,46	0,90
Costa del Cecina	Marina Castagneto	0,11	< 0,1	< 0,1
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0,40	0,14	0,20
Costa Follonica	Carbonifera	0,19	0,60	0,10
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0,27	0,96	< 0,1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0,40	0,95	< 0,1
Costa Uccellina	Cala di Forno	0,25	0,32	0,20
Costa Albegna	Foce Albegna	0,37	0,24	0,20
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0,40	0,16	0,20
Costa Burano	Ansedonia	0,12	0,15	0,20
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0,40	0,12	< 0,1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0,30	0,14	0,10
Arcipelago Isole Minori	Giglio	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	n.c.	0,50	< 0,1
Arcipelago Isole Minori	Capraia	n.c.	0,10	< 0,1

In grassetto: e rosso valori che superano gli SQA , tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

n.c. non campionato

Diversa la situazione per l'**esaclorobenzene**. Come si può vedere dalla Tabella 6.4 l'HCB è presente nel corpo idrico Costa livornese in tutti e tre i campioni annuali effettuati; a questo si aggiunge il superamento dello standard ambientale per questo composto anche in costa Rosignano per il 2018. Nel 2017 la concentrazione in questo composto risulta eccedere lo standard ambientale in costa Punt'Ala e Costa Ombrone con valori simili, e a Montecristo.

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

L'arsenico nei sedimenti vede nell'arco dei 3 anni superamenti dello standard ambientale/Valori di fondo in 4 corpi idrici : Costa Argentario e Costa Burano (2018), Arcipelago Isole Minori (Giglio 2016 e 2018) e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Nord nel 2017 e Elba Sud nel 2018).

Tabella 6.5 - Arsenico nei sedimenti seconda la Tab.3/B del D.Lgs 172/15- triennio 2016-2018

Corpo idrico	Stazione	Sedimento Arsenico: SQA – MA 12 mg/kg s.s Margine di tolleranza del 20%: 14,4 mg/kg s.s			DRT. 264/18 Valori di fondo
		2016	2017	2018	
Costa Versilia	Marina di Carrara	10	10	12	34
Costa del Serchio	Nettuno	16*	12	13	34
Costa Pisana	Fiume Morto	13	14	13	< SQA
Costa Livornese	Antignano	23*	19*	19*	34
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	28*	31*	26*	34
Costa del Cecina	Marina Castagneto	19*	20*	18*	34
Costa Piombino	Marina di Salivoli	70*	69*	68*	142
Costa Follonica	Carbonifera	26*	23*	21*	34
Costa Punta Ala	Foce Bruna	21*	21*	21*	34
Costa Ombrone	Foce Ombrone	16*	10	7,5	34
Costa Uccellina	Cala di Forno	21*	15*	18*	34
Costa Albegna	Foce Albegna	22*	17*	30*	34
Costa Argentario	Porto S. Stefano	26*	22*	39	34
Costa Burano	Ansedonia	30*	29*	37	34
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	35*	35	29*	34
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	135*	134*	159	142
Arcipelago Isole Minori	Giglio	16	13	26	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	n.c.	35	11	34
Arcipelago Isole Minori	Capraia	n.c.	15	13	< SQA

In grassetto: e rosso valori che superano gli SQA, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

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

ND: non disponibile; n.c. non campionato

Per quanto riguarda invece il cromo totale, il cromo VI questi due parametri risultano essere in tutte le stazioni inferiore al SQA-MA o al valore di fondo indicato dalla Delibera della Regione Toscana 264/18.

I PCB totali superano il valore dello standard di qualità ambientale solo nel 2017 nel Corpo idrico di Costa dell'Ombrone con un valore di concentrazione pari a 52 µg/kg s.s. (SQA-MA comprensivo del margine di tolleranza per i PCB totali è 9,6 µg/kg s.s.).

7. Conclusioni

Classificare lo stato ecologico e chimico dei corpi idrici marino costieri, sulla base del DLgs 172/15, permette di ottenere un quadro rappresentativo a livello di distretto idrografico, nazionale e comunitario. Il confronto tra lo stato chimico e lo stato ecologico di un dato corpo idrico porta alla determinazione del suo stato di qualità ambientale, espressione complessiva della qualità di un corpo idrico superficiale. Lo stato di qualità ambientale "buono" corrisponde all'obiettivo di qualità da raggiungere ai sensi del DLgs 152/06. Per raggiungere tale stato i corpi idrici devono risultare in stato "buono" sia sotto il profilo ecologico che chimico.

7.1 Stato ecologico 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.

Macrozoobenthos – Il calcolo dell'indice M-AMBI, indica che delle 18 stazioni monitorate durante il triennio 4 risultano classificate in classe BUONA: Nettuno (Costa del Serchio) e Fiume Morto (Costa Pisana), Porto Santo Stefano (Costa dell'Argentario) e Giglio (Arcipelago Isole Minori). Tutte le restanti stazioni sono in uno stato ecologico ELEVATO.

Macrofite – Il calcolo dell'Indice CARLIT indica che di 10 stazioni monitorate 4 risultano classificate in classe BUONA: Antignano (Costa Livornese), Salivoli (Costa Piombino), Ansedonia (Costa Burano) e Elba Sud (Arcipelago Isola d'Elba). Tutte le altre stazioni ricadono nello stato ecologico ELEVATO.

Angiosperme – Su 12 stazioni monitorate, 3 sono risultate, sulla base dell'indice PREI, in classe ELEVATA : Porto Santo Stefano (Costa dell'Argentario) Capraia e Montecristo, entrambe appartenenti al corpo idrico Arcipelago Isole Minori; 2 stazioni Rosignano Lillatro (costa di Rosignano) e Foce Albegna (Costa dell'Albegna) risultano essere in classe SUFFICIENTE. Le restanti 7 stazioni sono in classe ecologica BUONA

Indice trofico TRIX - I valori dell'indice trofico indicano, per le acque marino costiere della Toscana, una condizione di oligotrofia caratterizzata da alti tassi di ossigeno e basse concentrazioni di nutrienti, spesso pari al limite di quantificazione strumentale. I valori medi annuali dell'indice trofico TRIX 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

Tabella 7.1.1 - Classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere toscane triennio 2016-2018

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

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

Tutti i dati che hanno contribuito a determinare il giudizio di stato di qualità ecologica dei 16 corpi idrici toscani sono riassunti nella Tabella 7.1.1.

Componendo le informazioni provenienti dai vari indici, il 31% dei corpi idrici toscani hanno un giudizio di qualità ambientale ELEVATO, il 56% BUONO e infine il 13% risulta invece SUFFICIENTE.

7.2 Stato chimico 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 triennale delle concentrazioni di TBT è in tutti i corpi idrici superiore allo standard ambientale. Inoltre, nei tre anni di campionamento quasi la totalità delle stazioni superano l'SQA – CMA (esclusi le stazioni di Antignano Elba Nord Giglio, Capraia e Montecristo).

Le concentrazioni medie nel triennio 2016- 2018 di **benzo [a] pirene** o **BaP** , sono superiori al SQA-MA Arcipelago Isola d'Elba e Arcipelago Isole Minori.

Per quanto riguarda il **mercurio** durante il triennio solo alcune stazioni, non rispondono ai requisiti richiesti dal D.Lgs. 172/2015 e dal DGRT 264/2018: pertanto i corpi idrici di Costa Rosignano, Costa Piombino, Costa Albegna e Arcipelago Isole Minori non hanno raggiunto il buon stato ambientale.

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) nel 2017, le concentrazioni medie rientrano ampiamente nei limiti normativi mediando i dati del triennio.

Per 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.

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. In base alle linee guida il valore ottenuto è stato normalizzato in

base al peso secco e confrontate con SQA normalizzato sulla base anche del livello trofico del pesce campionato. Anche per l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) lo standard ambientale normalizzato delle linee guida è espresso come µg/kg peso secco, pertanto i dati sono stati normalizzati e confrontati con i relativi SQA_{biota} normalizzati in relazione al livello trofico del pesce analizzato. In base alla normalizzazione lipidica e al livello trofico del pesce analizzato nel 2017 6 corpi idrici non risultano conformi (Costa Versilia, Costa Pisana, Costa livornese, costa del Cecina, Costa dell'Ombrone e Costa Burano) mentre nel 2018 3 (Costa Livornese, Costa dell'Albegna e Costa dell'Argentario).

Le concentrazioni di dicofol, esaclorobutadiene e esaclorobenzene devono essere normalizzati sulla base del contenuto lipidico del 5% poiché questo valore standard è stato utilizzato nella derivazione degli SQA_{biota} riferito ai pesci. Il dicofol e l'esaclorobutadiene risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati, l'esaclorobenzene (HCB), invece, presenta superamenti dello standard ambientale in due corpi idrici nel 2017 (Costa livornese e Costa Rosignano) e in tre nel 2018 (Costa livornese, Costa dell'Uccellina e Costa dell'Argentario).

Il DDT e la somma di diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL), non necessitano di una standardizzazione. Per il **DDT** è stato riscontrato un solo superamento, avvenuto nel 2017 relativamente al pesce campionato nel corpo idrico di Costa del Cecina (58µg/kg).

Per quanto riguarda i **PCDF+PCDD+PCB-DL**, il D.lgs 172/2015, riporta come standard di qualità ambientale per il biota il valore di 6,5 ng/Kg e secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, dice 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 indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore *upper bound*. Il limite di quantificazione di *upper bound* del metodo utilizzato da ARPAT (5,3 ng/Kg WHO-TEQ) risulta essere molto vicino al limite di legge (6,5 ng/Kg), e 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 questo sono stati riscontrati 9 superamenti del SQA_{biota} per questi composti: tra questi 9 sono particolarmente rilevanti essendo 10 volte superiori all'SQA nel 2017 (Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa livornese, Costa Rosignano, Costa del Cecina, Costa Piombino, Costa Punt'Ala, Costa Burano e Arcipelago Isole Minori) mentre nel 2018 solo 1 (Arcipelago Isola d'Elba). In generale per tutte le sostanze chimiche analizzate nel biota c'è tendenza al miglioramento con minor corpi idrici interessati dai superamenti degli SQA-MA nel 2018. La Tabella 7.2.1 riassume lo stato chimico delle acque marino costiere della Toscana

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

Tabella 7.2.1 - Classificazione dello stato chimico delle acque marino costiere toscane: anno 2016-2018

Corpo Idrico	Descrizione	STATO CHIMICO 2016-2018		
		Sostanza eccedente in acqua	Sostanza eccedente nel biota	Classificazione Acqua e Biota
Costa Versilia	Marina di Carrara	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017) PFOS (2017 2018)	
Costa del Serchio	Nettuno	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017)	
Costa Pisana	Fiume Morto	TBT	Hg PFOS (2017)	
Costa Livornese	Antignano	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017) PFOS (2017 - 2018) HCB (2017- 2018)	
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro	TBT Hg (2016)	Hg, HCBPCDF+PCDD+PBC-DL (2017) HCB (2017)	
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017) DDT totali, (2017) PFOS (2017)	
Costa Piombino	Salivoli	TBT, Hg (2017)	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017)	
Costa Follonica	Carbonifera	TBT	Campionamento non effettuato	
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017)	
Costa Ombrone	Foce Ombrone	TBT	Hg, PFOS (2017)	
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno	TBT	Hg HCB (2018)	
Costa Albegna	Foce Albegna	TBT Hg (2017)	Hg PFOS (2018)	
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano	TBT	Hg HCB (2018) PFOS (2018)	
Costa Burano	Ansedonia	TBT	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017) PFOS (2017)	
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	BaP	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2018)	
	Elba Sud	TBT		
Arcipelago Isole Minori	Giglio	TBT, BaP, Hg (2018)	Hg PCDF+PCDD+PBC-DL (2017)	
	Montecristo			
	Capraia	BaP		

STATO CHIMICO	Non Buono	
	Buono	

Classificando in base alle matrici acqua biota tutti i corpi idrici monitorati della Toscana risultano essere in uno stato chimico NON BUONO.

Pur non essendo stata considerata ai fini della classificazione dei corpi idrici, l'analisi dei **sedimenti** ha rivelato diverse anomalie nella concentrazione di cadmio e mercurio, del piombo naftalene, DDT, DDD e DDE. Con l'applicazione del DGRT 264/2018, la concentrazioni di mercurio nei sedimenti risulta essere oltre lo standard ambientale nei corpi idrici di Costa livornese e Costa di Rosignano, mentre quella del piombo in Costa Piombino, Costa Albegna, Costa Argentario e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Sud). Il **cadmio** è superiore allo standard ambientale in Costa Livornese durante tutto il triennio. Si assiste dal 2016 al 2018 a un sensibile aumento di questo metallo su tutta la costa toscana con superamenti nel 2018 in quasi tutti i corpi idrici: uniche eccezioni sono Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa di Rosignano, Costa Piombino e 2 stazioni dell'Arcipelago isole Minori (Montecristo e Capraia). Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015 (TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD) nel 2016 e nel 2018 sono risultate inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa. Nel 2017 invece alcune sostanze di sintesi, quali naftalene, DDT, DDE e DDD, hanno superato gli standard ambientali in alcuni corpi idrici: **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.

Tra le sostanze ricercate relativamente alla tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015 la sommatoria T.E. dei **PCDD, PCDF e PCB-DL** risulta essere inferiore allo standard ambientale in tutti e tre gli anni monitorati; il **benzo[a]pirene** non rispetta lo standard ambientale nel Corpo idrico di Rosignano Lillatro nel 2018. L'esaclorobenzene è presente nel corpo idrico Costa livornese in tutti e tre i campioni annuali effettuati e supera il relativo standard ambientale in costa Rosignano nel 2018, in Costa Punt'Ala, Costa Ombrone e Arcipelago Isole Minori.

Il D.Lgs. 172/2015 elenca nella tabella 3/B gli standard di qualità ambientale relativi a arsenico, cromo totale, cromo VI e PBC totali, da utilizzare per acquisire ulteriori elementi conoscitivi. Tra le sostanze ricercate l'arsenico vede nell'arco dei 3 anni superamenti dello standard ambientale/Valori di fondo in 4 corpi idrici : Costa Argentario e Costa Burano (2018), Arcipelago Isole Minori (Giglio 2016 e 2018) e Arcipelago Isola d'Elba (Elba Nord nel 2017 e Elba Sud nel 2018). Per quanto riguarda invece il cromo totale, il cromo VI questi due parametri risultano essere in tutte le stazioni inferiore al SQA-MA o al valore di fondo indicato dalla Delibera della Regione Toscana 264/18. I PCB totali superano il valore dello standard di qualità ambientale solo nel 2017 nel Corpo idrico di Costa dell'Ombrone .

Normativa di riferimento

- Decreto Legislativo 13 ottobre 2015 n. 172. “attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque”.
- Direttiva del 12 agosto 2013 n. 39 che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale”-Parte Terza “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche”.
- Decreto Ministeriale 16 giugno 2008 n. 131 “Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante: “Norme in materia ambientale”, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 4, dello stesso decreto”.
- Decreto 14 aprile 2009 n. 56 “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”.
- Decreto 8 novembre 2010 n. 260 “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”.
- Decreto legislativo 10 dicembre 2010 n. 219 “Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa e standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CEE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE specifiche tecniche per l’analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.”
- Delibera della Regione Toscana n. 416 del 25 maggio 2009 “Tipizzazione dei corpi idrici superficiali della toscana. Attuazione delle disposizioni di cui allegato 3, punto 1, alla parte III del D. Lgs 152/2006, come modificato dal decreto ministeriale, 16 giugno 2008, n. 131.”
- Delibera della Regione Toscana n. 939 del 26 ottobre 2009. “Individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici della Toscana - Attuazione delle disposizioni di cui all`art.2 del DM 131/08 (acque superficiali) e degli art. 1,3 e all. 1 del D.Lgs. 30/09 (acque sotterranee). ”
- Delibera della Regione Toscana n. 100 del 8 febbraio 2010. “Rete di Monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee della Toscana in attuazione delle disposizioni di cui al D. Lgs. 152/06 E Del D.Lgs. 30/09.”
- Delibera della Regione Toscana n.550 del 7 luglio 2014 “Attuazione D.L.gs 152/2006 e D.Lgs 30/2009. Monitoraggio dei corpi idrici marino costieri della Toscana. Modifiche ed integrazioni alla delibera di Giunta n. 939/2009 e n. 100/2010.

- Delibera della Regione Toscana n.608 del 18 maggio 2015 “Monitoraggio dei corpi idrici marino costieri della Toscana – modifiche e integrazioni alla DGR n. 550/14”
- Delibera della Regione Toscana n. 264 del 20 marzo 2018. “ D.Lgs n. 152/2006 e 172/2015. Aggiornamento dei corpi idrici marino-costieri della Toscana e adozione dei nuovi valori di fondo in acqua e sedimenti. Integrazione dell'allegato “C” alla DGRT n. 608/2015 e sostituzione dell'allegato “A” alla DGRT n. 1273/2016”.

Bibliografia

- AA.VV., 2006. *Lo stato dei litorali italiani*, Studi Costieri, 10.
- ARPAT, 2016 *Studio per la determinazione dei valori di fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marine costiere*. Rapporto Finale.
- ARPAT, 2015. *Monitoraggio acque marino costiere della Toscana. Attività di monitoraggio 2014. Classificazione provvisoria Il anno del triennio 2013-2015*.
- ARPAT, 2015. *Accertamento della qualità delle acque destinate alla vita dei molluschi (art. 88 D. Lgs. 152/2006 s.m.i.). Attività di monitoraggio 2014 e proposta di classificazione*.
- ARPAT, 2014. *Saggi biologici sui sedimenti marino costieri della Toscana al fine di identificare la matrice sulla quale effettuare la valutazione della classe di qualità ambientale: anno 2013*
- ARPAT, 2014. *Monitoraggio acque marino costiere della Toscana. Proposta di classificazione Anno 2013 (D.Lgs. 152/06)*.
- ARPAT, 2014. *Accertamento della qualità delle acque destinate alla vita dei molluschi (art. 88 D. Lgs. 152/2006 s.m.i.). Attività di monitoraggio 2013 e proposta di classificazione*
- Berto D., Boscolo Brusà R. (A cura di), 2015. *I Composti Organostannici in ambiente marino e lagunare*. ISPRA, QUADERNI – Ricerca Marina n. 8/2016, Roma, pp 117.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. Seagrass systems. In: M.C. Gambi and M. Dappiano (Editors), *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study*. Biologia Marina Mediterranea 11, pp 133-183.
- Ferretti O., Delbono I., Furia S., Barsanti M., 2003. *Elementi di gestione costiera*. Parte Prima. Tipi morfo - sedimentologici dei litorali italiani. Rapporto Tecnico ENEA RT/2003/42/CLIM
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-RArcipelago Isole Minoriondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. *Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index (PREI)*. Mar. Pollut. Bull. 58, 1727–1733.
- ISPRA, 2010. *Manuali e Linee Guida 56/10. Metodologie di studio del plancton marino*.
- ISPRA, 2008 *Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi mobili*
- ISPRA, 2008. *Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del fitoplancton*
- ISPRA, 2008. *Quaderno Metodologico sull'elemento biologico MACROALGHE e sul calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT*
- ISPRA, 2012. *Aggiornamento della scheda metodologica per il campionamento e l'analisi della Posidonia oceanica ai sensi del Dlgs 152/06*.

- ISPRA, 2012. *Elemento di Qualità Biologica Macroalghe Integrazione al Quaderno metodologico ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT. Procedure di campionamento per la raccolta dati*
- ISPRA, 2016. *Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs 172/2015).*
- Meinesz A. & Laurent R., 1978, *Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de Posidonia oceanica dans les Alpes-maritimes (France)*. Botanica marina 21, 513-526.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Servizio Difesa Mare; ICRAM; ANPA (coll.) (2002) *Metodologie analitiche di riferimento; programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)*.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995 *Utilisation de l'herbier a Posidonia oceanica comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances*. Mésogée, 54, 3-27.
- Rampi L., Bernhard M. (1978). *Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee*. C.N.E.N. RT/BIO (80) 8
- Rampi L., Bernhard M. (1978). *Key for the determination of Mediterranean pelagic diatoms*. C.N.E.N. RT/BIO (78) 1
- Rampi L., Bernhard M. (1981). *Chiave per la determinazione delle coccolitoforidee mediterranee*. C.N.E.N. RT/BIO (81) 13
- Richard M. (1987). *Atlas du Phytoplankton Marin*. Volume II: Diatomophycées. Edition du CNRS
- Sournia A. (1986). *Atlas du Phytoplankton Marin*. Volume I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Edition du CNRS
- Thomas R.C. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press