



Arpae
Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente e
Energia dell'Emilia-Romagna

Struttura Oceanografica Daphne

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2024

SOMMARIO

1 QUADRO NORMATIVO.....	5
2 QUADRO CONOSCITIVO	8
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali	8
2.2 La fascia costiera emiliano romagnola	10
2.2.1 Le pressioni.....	10
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere	10
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea	11
2.3 I corpi idrici.....	14
3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	17
3.1 Metodi di campionamento	17
3.1.1 Prelievo acqua	17
3.1.1.a Prelievo campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton.....	17
3.1.1.b Prelievo campioni determinazione dei sali nutritivi	17
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	17
3.1.2 Prelievo sedimento.....	18
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	18
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche.....	18
3.1.3 Prelievo biota	19
3.1.3.a Prelievo per indagini chimiche	19
3.1.4 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua.....	20
3.2 Metodi analitici	21
3.2.1 Matrice acqua	21
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici	21
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi	22
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplankton	23
3.2.2 Matrice sedimento	23
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche	23
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici	23
3.2.2.c Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	25
3.2.3 Matrice biota.....	25
3.2.3.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici	25
3.2.4 Indagini meteo-marine	26
4 LO STATO TROFICO	27
4.1 Rete di monitoraggio	27
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento.....	30
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano romagnolo	32
4.3 Elaborazione bollettino	46
4.3.1 Parametri idrologici	48
4.3.1.a Temperatura	48
4.3.1.b Salinità.....	54
4.3.1.c Ossigeno dissolto.....	62
4.3.1.d Clorofilla "a"	66
4.3.2 Elementi nutritivi	70
4.3.2.a Azoto nitrico (N-NO ₃)	70
4.3.2.b Azoto nitroso (N-NO ₂).....	74
4.3.2.c Azoto ammoniacale (N-NH ₃).....	77
4.3.2.d Azoto inorganico dissolto (DIN)	81
4.3.2.e Azoto totale (N tot).....	84
4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO ₄)	88

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)	92
4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO ₂)	97
4.3.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)	100
4.4 Definizione dello Stato Trofico	102
4.4.1 Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX)	102
4.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX).....	107
5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	110
5.1 Rete di monitoraggio	111
5.2 Analisi dei risultati.....	115
5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB).....	115
5.2.1.a Fitoplancton	115
5.2.1.b Macrozoobenthos	133
5.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB	153
5.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica	153
5.2.2.b Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	155
Granulometria.....	155
Carbonio Organico Totale	156
5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	158
5.2.4 Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità	159
5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua	160
5.2.4.b Sostanze ricercate nel biota.....	160
5.2.4.c Sostanze ricercate nel sedimento	161
6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	165
7 ANOMALIE AMBIENTALI	167
7.1 AFFIORAMENTO DI MATERIALE MUCILLAGINOSO	167

HANNO CONTRIBUITO

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazzotti
Maurizio Pascucci
Francesco Ortali
Marco Lezzi

Determinazione ed elaborazione fitoplancton:

Maurizio Pascucci
Monica Raccagni

Determinazione ed elaborazione macrozoobenthos:

Marco Lezzi

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Cinzia Pellegrino

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori multisito di Ravenna e Ferrara

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazzotti
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi
Sara Buratti

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpaee - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

<https://www.arpaee.it>

Si ringraziano per la collaborazione il Comandante Ferdinando Valerio ed il Motorista Torresi Pio della Motonave Oceanografica "Daphne II".

1 QUADRO NORMATIVO

Il D.L. 152/99 definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee. I principali obiettivi da perseguire sono:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Il raggiungimento degli obiettivi indicati si realizza attraverso alcuni strumenti, fra i quali l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici.

Il D.Lgs. 152/99 e ss.mm.ii. è stato abrogato dal successivo D.Lgs. 152/06.

Il D.Lgs. 152/99 e ss.mm.ii. prevedeva che la valutazione dello stato di qualità ambientale fosse condotta attraverso l'applicazione dell'indice trofico TRIX e che tale valutazione doveva essere integrata dal giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti.

Il successivo D.M. 367/03, alla tab.2, definiva gli standard di qualità ambientali per i contaminanti inorganici e organici nei sedimenti da applicare ai fini della classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere.

Con il D.Lgs. 152/06 (che recepisce la Direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente D.Lgs. 152/99) sono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marino costiere sono previsti numerosi nuovi elementi per la definizione dello stato ecologico e la ricerca di contaminanti inorganici e organici nella matrice acqua per la definizione dello stato chimico. Per le indagini da effettuare sui sedimenti restava quanto previsto dal D.M. 367/03 alla tab.2 e anch'esse concorrevano alla definizione dello Stato Chimico.

Con il D.M. 56/09, sono definiti i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/06, art.75, comma 3. Il D.M. 56/09 all'All.1 definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico, inoltre abroga e sostituisce quanto riportato nel D.M. 367/03 alla tab.2 e all'All.1 del D.Lgs. 152/06.

Un altro decreto attuativo del D.Lgs. 152/06, precedente al D.M. 56/09, è il D.M. 131/08 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/06, art.75, comma 4. Tale decreto definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), l'individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti.

La Regione Emilia-Romagna con Deliberazione di Giunta n. 350 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della Direttiva 2000/60/CE ai fini

dell'adozione dei Piani di Gestione dei Distretti idrografici Padano, Appennino settentrionale e Appennino centrale, approvando le procedure, i criteri metodologici e le risultanze dell'attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione ed i relativi programmi di monitoraggio. Le procedure così definite sono state aggiornate e riesaminate con Deliberazione di Giunta n. 2067 del 14 dicembre 2015 "Attuazione della Direttiva 2000/60/CE: contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini dell'aggiornamento/riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015-2021" e successivamente con Deliberazione di Giunta n. 2293 del 27 dicembre 2021 "Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque) terzo ciclo di pianificazione 2022-2027: presa d'atto degli elaborati costituenti il contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini del riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2021-2027 dei Distretti idrografici del fiume Po e dell'Appennino Centrale".

La Legge n. 221 del 28 dicembre 2015 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali", con l'art. 51, è intervenuta nella modifica sia dell'art. 63 (Autorità di bacino distrettuale) che dell'art. 64 (Distretti idrografici) del D.Lgs. 152/06. In particolare, con la modifica di quest'ultimo articolo, viene definito un nuovo assetto territoriale per i Distretti Idrografici. Con tale assetto tutta la costa emiliano romagnola risulta compresa nel Distretto Idrografico del Fiume Po.

Con il D.M. 260/10, pubblicato sulla G.U. il 7 febbraio 2011, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali sempre predisposto ai sensi del D.Lgs. 152/06, art.75, comma 3, sono definite le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio.

In G.U. del 20 dicembre 2010 è stato pubblicato il D.Lgs. 219/10, attuazione delle direttive 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e 2009/90/CE sulle specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque, che modifica la parte terza del D.Lgs. 152/06 e introduce nuovi obiettivi in materia di qualità delle acque superficiali, abrogando inoltre il precedente D.M. 367/03.

Successivamente, sulla G.U. del 27 ottobre 2015, è stato pubblicato il D.Lgs. 172/15, decreto attuativo della direttiva 2013/39/UE, la quale ha modificato la Direttiva madre 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. Esso modifica gli artt.74 e seguenti del D.Lgs. 152/06, in modo particolare l'art.78 in materia di standard di qualità ambientale per le acque superficiali ai fini della determinazione del buono stato chimico.

La Direttiva 2008/56/CE (Marine Strategy), recepita in Italia con il D.Lgs. 190/2010, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2021.

Il perseguimento di tale obiettivo deve avvenire attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie finalizzate a preservare l'ambiente marino, a prevenirne il degrado oltre che a ridurre gli apporti nell'ambiente marino stesso.

Le strategie adottate devono applicare un approccio ecosistemico alla gestione delle attività umane, assicurando che la pressione collettiva di tali attività sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento di un buono Stato Ecologico.

2 QUADRO CONOSCITIVO

2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

Il Mare Adriatico, un bacino semi-chiuso di cruciale importanza ecologica ed economica, si estende su una superficie di 132000 km². Questa area rappresenta circa il 5.3% (1/19) della superficie totale del Mar Mediterraneo, che copre 2504000 km².

In termini volumetrici, l'Adriatico detiene un volume di 36000 km³, una frazione modesta, pari a circa lo 0.97% (1/103), del volume complessivo del Mediterraneo, stimato in 3700000 km³. Nonostante le sue dimensioni relativamente contenute, l'Adriatico si distingue per il significativo apporto di acque dolci. Questo bacino riceve circa un terzo degli afflussi fluviali totali che si riversano nel Mediterraneo (escluso il Mar Nero), evidenziando il suo ruolo chiave nel bilancio idrologico regionale.

La batimetria dell'Adriatico è caratterizzata da una marcata variabilità. La porzione settentrionale del bacino presenta profondità limitate, con valori che raggiungono a malapena i 50 m lungo la sezione trasversale Rimini-Pola. Procedendo verso sud, si riscontra una depressione batimetrica, la Fossa di Pomo, che raggiunge i 238 m. La profondità massima, pari a 1200 m, si trova nella parte meridionale del bacino, al largo di Bari. La pendenza del fondale marino antistante la costa emiliano romagnola è particolarmente bassa, con un gradiente batimetrico di circa 1 m per km nella prima fascia costiera.

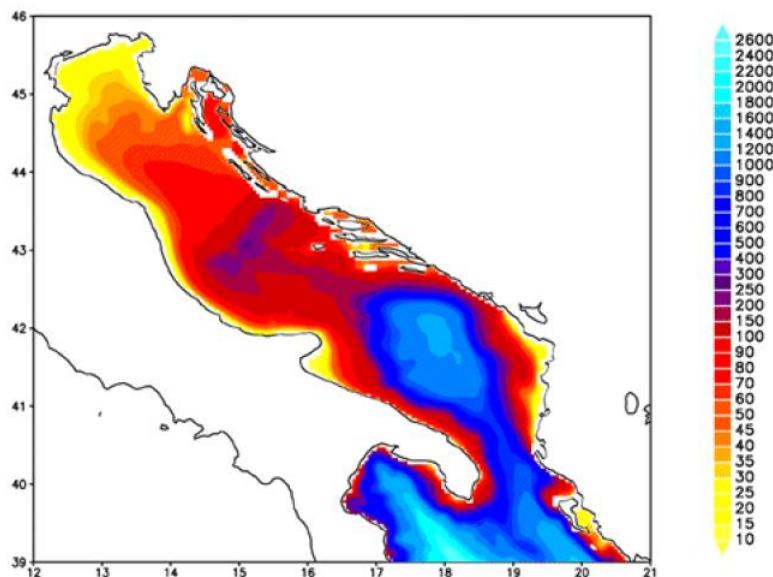


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

La parte settentrionale dell'Adriatico è influenzata in modo significativo dal reticolo idrografico del bacino padano, una vasta pianura delimitata dalle Alpi a nord e dalla catena appenninica a sud. In questa area costiera nord occidentale si trovano le foci di importanti fiumi, tra cui l'Isonzo, il Tagliamento, il Piave, il Brenta, l'Adige, il Po e il Reno. Il Po, il principale fiume italiano per lunghezza (asta principale di circa 650 km) e portata (circa 1500 m³/s di portata media annua), sfocia in un delta complesso, costituito da cinque rami principali.

L'accumulo di sedimenti trasportati dal Po ha dato origine ad un'ampia area di foce, la cui progradazione di circa 23 km verso est testimonia la significativa attività sedimentaria fluviale.

Le caratteristiche morfologiche delle coste adriatiche presentano una netta dicotomia. La costa occidentale è caratterizzata da litorali bassi, regolari e sabbiosi. Al contrario, la costa orientale croata è alta, frastagliata e rocciosa.

La composizione dei sedimenti del fondale marino nell'Adriatico nord occidentale è dominata da materiale sedimentario a granulometria fine, costituito da sabbie, limi e argille. Lungo una direttrice trasversale al bacino, si osserva una stretta fascia litoranea sabbiosa, con una larghezza media compresa tra 1 e 2 km. Procedendo verso il largo, si osserva un progressivo arricchimento in frazioni pelitiche (limo e argilla) fino a una distanza di 5-6 km dalla costa. Oltre questa distanza, e fino a 45-50 km, la componente sabbiosa diminuisce, lasciando spazio a sedimenti prevalentemente fangosi. Questa vasta fascia sedimentaria pelitica è principalmente il risultato dell'apporto di materiale fine in sospensione trasportato dal Po e da altri fiumi, e della successiva dispersione ad opera delle correnti marine, che tendono a convogliarlo verso sud-est. La zona di massima estensione delle peliti si trova in prossimità del delta del Po e si estende parallelamente alla costa per gran parte della lunghezza dell'Adriatico. Oltre la fascia fangosa, verso la costa orientale, si ritrovano sedimenti pelitico-sabbiosi e, infine, sabbie in prossimità della costa croata.

Il Po svolge un ruolo fondamentale nella dinamica circolatoria delle acque dell'Adriatico settentrionale. L'apporto di acqua dolce induce una significativa diluizione della salinità nelle acque costiere e genera un'accelerazione che favorisce la formazione di correnti dirette verso sud. Questa direzione prevalente delle correnti è rinforzata dai venti dominanti di Bora (Nord-Nord-Est). La corrente diretta verso sud lungo la costa occidentale dell'Adriatico è nota come Corrente Costiera dell'Adriatico Occidentale (WACC). L'intensità massima di questa corrente non si osserva in prossimità della costa, ma a una batimetria di 20-30 metri, a circa 20-30 km dalla costa. Questo fenomeno favorisce la formazione di zone di "riciccolo", ovvero movimenti di masse d'acqua marina in prossimità della costa con direzione verso nord.

La variabilità delle correnti costiere, influenzata dai gradienti termici e dalla salinità, è particolarmente accentuata nella zona a nord di Ravenna, mentre la zona a sud è caratterizzata da correnti prevalentemente permanenti dirette verso sud.

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

L'eutrofizzazione costiera, criticità ambientale prevalente nell'Adriatico nord occidentale, induce un impatto negativo sugli equilibri ecosistemici bentonici e sui settori economici primari quali turismo e pesca. Il fenomeno, intensificato dagli apporti idrografici del bacino padano e dei bacini costieri, manifesta la sua massima intensità nelle aree prospicienti il delta del Po e lungo il litorale emiliano romagnolo.

La dinamica trofica e distrofica è primariamente condizionata dall'ingente massa d'acqua dolce veicolata dal Po (media annuale di 1500 m³/s), fattore determinante nell'alterazione dei parametri di salinità lungo la fascia costiera, ove si registra una marcata diminuzione rispetto ai valori rilevati in mare aperto. Tale apporto, unitamente ai carichi di nutrienti, innesca una complessa serie di processi biogeochimici che culminano nell'alterazione dello stato ambientale (Figura 2).

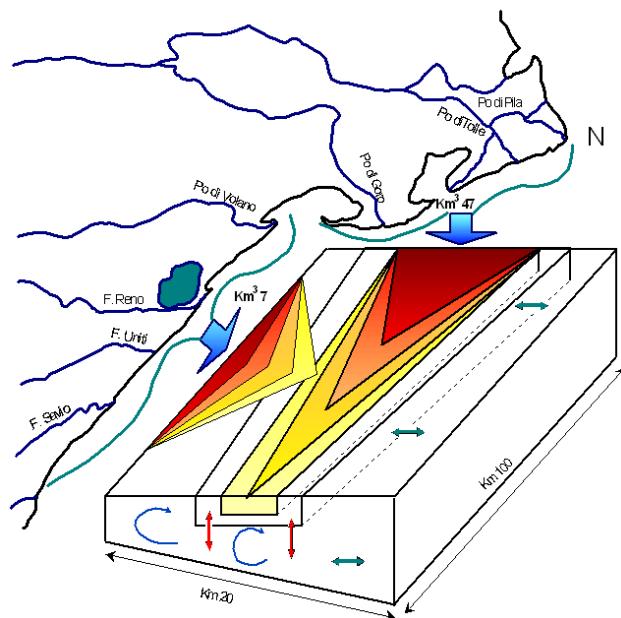


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

Il monitoraggio ambientale, avviato a partire dal 1980, ha permesso di tracciare un quadro dettagliato della distribuzione degli elementi eutrofizzanti e dei conseguenti effetti distrofici lungo il litorale emiliano romagnolo, rivelando una spiccata variabilità stagionale e consentendo la delimitazione delle aree maggiormente vulnerabili a processi eutrofici, anossici e ipossici.

Durante le stagioni autunnali, inverNALI e primaverili, la fascia costiera presenta una netta dicotomia. Questa suddivisione è corroborata dall'analisi delle distribuzioni spaziali, dalla linea di costa fino a 10 km al largo, di parametri chiave quali la salinità, i nitrati (utilizzati come traccianti per l'apporto di nutrienti), la clorofilla "a" (indicatore della biomassa microalgale) e l'indice trofico TRIX (indicatore dello stato trofico). La zona settentrionale è caratterizzata da concentrazioni di nutrienti significativamente più elevate rispetto alla zona centro meridionale, che si estende da Ravenna a Cattolica. In quest'ultima, gli indicatori di stato trofico tendono a mostrare una maggiore omogeneità, sebbene con valori generalmente inferiori rispetto all'area settentrionale.

Nel periodo estivo, una riduzione degli apporti idrici e di nutrienti dal bacino del Po, unitamente a modifiche nei pattern di circolazione delle masse d'acqua, può indurre un miglioramento dello stato qualitativo ambientale anche nelle aree del ferrarese. Tuttavia, in questa stagione, i processi eutrofici tendono a concentrarsi prevalentemente nella zona immediatamente adiacente al delta del fiume Po, evidenziando la persistente influenza di questo apporto.

L'area settentrionale del litorale emiliano romagnolo si dimostra particolarmente suscettibile allo sviluppo di condizioni anossiche/ipossiche, soprattutto nel periodo estivo-autunnoNale. La formazione di anossia negli strati d'acqua prossimi al fondale è strettamente correlata all'elevata biomassa microalgale e alla concomitanza di condizioni ambientali favorevoli, quali una ridotta dinamicità delle masse d'acqua (stratificazione) e condizioni meteo-marine stabili (assenza di rimescolamento). In sintesi, la maggiore intensità dei fenomeni eutrofici e delle fioriture microalgali osservata nella zona settentrionale (Goro-Ravenna) si traduce in una più frequente e marcata manifestazione di eventi distrofici conseguenti, sottolineando la stretta interconnessione tra questi processi.

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

In ambienti costieri caratterizzati da una significativa influenza degli apporti fluviali e da una marcata stratificazione di temperatura e densità, le informazioni relative al campo di temperatura e salinità possono essere utilizzate per ricavare il campo di velocità associato alle correnti geostrofiche. Il termine "geostrofico," derivante dal greco e traducibile come "che gira con la Terra," riflette il principio fondamentale alla base di questa relazione. L'analisi si basa sull'assunzione che i gradienti orizzontali di temperatura e salinità inducano un campo di velocità che è significativamente influenzato dalla rotazione terrestre.

Il bilancio geostrofico, che descrive l'equilibrio tra la forza di Coriolis e la forza del gradiente di pressione, impone una specifica direzione di circolazione in relazione ai sistemi di pressione. Nell'emisfero settentrionale, la circolazione geostrofica è antioraria (cyclonica) attorno alle aree di bassa pressione e oraria (anticyclonica) attorno alle aree di alta pressione. Questa relazione è una conseguenza diretta della

deflessione delle masse d'acqua in movimento a causa della forza di Coriolis, che agisce perpendicolarmente alla direzione del moto.

L'analisi della circolazione in un'area costiera specifica rivela una netta separazione dei regimi di circolazione tra le regioni a nord e a sud di un'area delimitata approssimativamente tra Ravenna e Lido Adriano. Questa separazione è una caratteristica dominante osservata in diversi periodi dell'anno, sebbene con intensità variabile.

A nord di Ravenna, la circolazione idrodinamica è caratterizzata da una notevole variabilità temporale. La direzione del flusso d'acqua subisce significative alterazioni nel corso dell'anno, con una tendenza a dirigersi verso il largo in alcuni periodi (ad esempio, tra l'inverno e l'estate). Al contrario, a sud di Ravenna e Lido Adriano, la corrente mostra una maggiore stabilità direzionale, mantenendo una direzione prevalente verso sud durante tutto l'anno.

Nella regione centrale, in prossimità di Ravenna, le correnti possono presentare intensità ridotte e direzioni variabili. In alcuni periodi, come gennaio e dicembre, si osserva una tendenza al flusso verso il largo, mentre in altri, come settembre e ottobre, le correnti, pur rimanendo deboli, tendono a dirigersi verso la costa.

Un elemento significativo nella circolazione a nord di Ravenna è la presenza di un campo di velocità diretto verso il largo in prossimità della foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni). Questo flusso verso il largo si chiude a nord di Ravenna con correnti dirette verso la costa. In alcuni mesi, come aprile, maggio e giugno, questi flussi opposti tendono a connettersi, formando una struttura quasi ad anello identificabile come un vortice anticlonico, una caratteristica non sempre presente e soggetta a variazioni temporali. Questa configurazione dà luogo a una corrente diretta verso sud lungo la batimetria dei 10-20 metri. Tra febbraio e marzo, la corrente in questa zona mostra direzioni opposte, indicando un regime idrodinamico instabile.

Data la potenziale influenza di questo tipo di circolazione sui fenomeni eutrofici nelle zone costiere, è cruciale analizzare la circolazione durante i mesi estivi (luglio, agosto e settembre). A luglio e settembre, le correnti tendono a essere confinate in prossimità della costa, delimitando una zona caratterizzata da alta temperatura e bassa salinità. Questa condizione può favorire lo sviluppo di fenomeni distrofici, frequenti in queste aree. La circolazione può essere interpretata come il bordo di un vortice, che, tuttavia, è così adiacente alla costa da non riuscire a chiudersi completamente, contribuendo al confinamento delle acque calde e a bassa salinità. In agosto, la circolazione mostra una maggiore apertura, favorendo uno scambio più significativo tra la costa e il mare aperto, sebbene persista una tendenza al confinamento delle acque di origine fluviale e ad alta temperatura in prossimità della costa.

Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano, le correnti sono generalmente dirette verso sud, con velocità dell'ordine di 5-10 cm/s, durante tutto l'anno. Questo segmento fa parte della corrente del nord Adriatico (WACC), una corrente persistente che raggiunge la sua massima intensità tra novembre e gennaio ed è generalmente disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna, ad eccezione di

alcuni mesi (novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio), in cui sembra formare un'unica struttura a meandri, che tende a isolare la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. In questa stessa area a sud di Ravenna, si osservano mesi in cui la componente della corrente lungo costa è particolarmente debole (marzo e luglio), mentre la componente perpendicolare alla costa è più pronunciata (maggio, luglio, agosto e settembre).

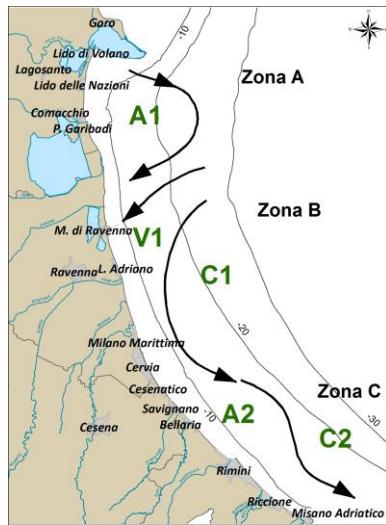


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell'Emilia-Romagna alla superficie

Questa circolazione è indicativa di dinamiche di *downwelling* lungo la costa, un fenomeno tipico del regime di venti in questa zona. Il vento di Bora, in particolare, induce un accumulo di acqua verso la costa, seguito da processi di sprofondamento e da un conseguente movimento verso il largo delle acque sul fondo.

In conclusione, lo schema riportato in Figura 3 mette in rilievo chiaramente che la zona costiera dell'Emilia-Romagna è caratterizzata da tre aree, una a nord di Ravenna (area A), l'altra attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C).

Nella zona A esiste un vortice anticiclonico (chiamato A1 nella Figura 3) più o meno sviluppato nei vari mesi dell'anno. Nei mesi di aprile, maggio, agosto, novembre e dicembre il vortice è ben sviluppato ed è addossato alla costa. Questo accostamento alla linea di costa lascia evidente solo una corrente verso sud con un meandro che rappresenta il lato orientale del vortice. Nella zona B invece la corrente è quasi sempre diretta verso costa (regime V1 nella Figura 3), fatta eccezione per i mesi di maggio, giugno, luglio e agosto dove la corrente è verso il largo. Questa regione è quella di transizione tra il regime anticiclonico prevalente a nord e quello della corrente intensificata verso sud. L'ipotesi che emerge dall'analisi di queste distribuzioni è che il vortice anticiclonico a nord, essendo più o meno sviluppato durante i diversi mesi dell'anno, possa creare situazioni idrodinamiche diverse che dipendono in larga parte dalla prossimità del vortice alla costa. La zona C è invece

assai più stabile dal punto di vista delle strutture. Le dighe foranee del Porto Canale di Ravenna, si estendono fino a 2.6 km verso il largo, sono perpendicolari alla costa e costituiscono una barriera fisica che separa le acque costiere dell'Emilia-Romagna in due zone, una a nord e l'altra a sud di Ravenna (Figura 4).



Figura 4 – Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

2.3 I CORPI IDRICI

I criteri per la tipizzazione dei corpi idrici (D.M. 131/08) consentono la caratterizzazione delle acque costiere con valori medi annuali di stabilità verticale, secondo le tre tipologie:

- alta stabilità: $N \geq 0.3$
- media stabilità: $0.15 < N < 0.3$
- bassa stabilità: $N \leq 0.15$

Dalle elaborazioni dei dati di temperatura e salinità acquisiti sulla colonna d'acqua, è emerso che le stazioni costiere dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzate da apporti fluviali con valori medi di N variabili da 3.39×10^{-1} e 4.21×10^{-1} , quindi tutta la fascia ricade nella tipologia "Alta stabilità".

Tale tipologia è giustificata non solo dalla formazione di termoclini nel periodo primaverile/autunnale, ma anche dalla presenza di aloclini/picnoclini determinati dai cospicui apporti di acque dolci sversate in particolare dal fiume Po.

Associando i criteri geomorfologici (costa sabbiosa e pianura alluvionale), con quelli idrologici (alta stabilità), come definito nel contesto del decreto legislativo 152/06, risulta che l'intera fascia costiera dell'Emilia-Romagna appartiene alla tipo "E1".

La fase successiva è stata quella di individuare i corpi idrici, ovvero le unità a cui fare riferimento per la verifica della conformità con gli obiettivi ambientali definiti nel D.Lgs. 152/06.

La loro corretta identificazione è di particolare importanza, in quanto gli obiettivi ambientali e le misure necessarie per raggiungerli si applicano in base alle

caratteristiche e alle criticità dei singoli “corpi idrici”. L’identificazione deve permettere un’accurata descrizione dello stato degli ecosistemi acquatici per consentire l’applicazione corretta degli obiettivi ambientali ed il loro perseguitamento e raggiungimento come previsto dal D.Lgs.152/06.

I corpi idrici relativi alle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna sono stati definiti sulla base dei seguenti criteri:

- pressioni esistenti: con particolare riferimento all’apporto e la quantificazione dei fattori di produttività diretta quali gli elementi nutritivi;
- differenze dello stato di qualità: la valutazione dello stato trofico delle acque costiere ed il suo andamento spazio-temporale, frequenza ed estensione delle condizioni anossiche ed ipossiche delle acque bentiche;
- circolazione delle masse d’acqua e discontinuità rilevanti nella struttura della fascia litoranea;
- giudizio degli esperti: monitoraggi poliennali sullo stato ambientale, climatologia dei parametri, distribuzione spazio-temporale delle variabili.

Per le acque marino costiere della regione Emilia-Romagna si individuano due corpi idrici (Figura 5). Il primo corpo idrico (CD1) si estende dalla foce del Po di Goro a Ravenna (Porto Corsini) con una superficie di circa 135 km² ed è influenzato dagli apporti del bacino padano e del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2) si estende da Ravenna (Marina di Ravenna) a Cattolica con una superficie pari a 218 km² e riceve il contributo dei bacini romagnoli e del Conca-Marecchia.



Figura 5 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque marino costiere dell'Emilia-Romagna

3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO

3.1.1 Prelievo acqua

3.1.1.a Prelievo campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton

Il prelievo dei campioni di fitoplancton si esegue tramite una pompa situata sulla chiglia della barca che aspira l'acqua a -0.5 m di profondità. L'acqua viene poi trasferita in bottiglie di vetro scure da 250 ml, fissata con soluzione di Lugol e portata in laboratorio. Tale metodo di campionamento permette di ottenere un dato puntiforme relativo a singole stazioni di monitoraggio ad una quota di -0.5 m.

Per campionamenti a quote inferiori a -0.5 m si utilizza la bottiglia Niskin.

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di nylon (lunghezza rete conica filtrante 100 cm) con diametro di apertura di 40 cm e maglia da 20 µm.

3.1.1.b Prelievo campioni determinazione dei sali nutritivi

Per l'analisi dei nutrienti vengono filtrati circa 250 ml di acqua come segue:

- predisporre l'apparato di filtrazione a vuoto ponendo in esso un filtro Millipore di acetato di cellulosa di 47 mm di diametro e 0.45 µm di porosità, previamente lavato con 150-200 ml di acqua milliQ;
- "avvinare" l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione;
- filtrare circa 250 ml di campione.

Se l'analisi viene effettuata entro 24 ore dal prelievo il campione può essere conservato 4°C al buio, diversamente nel caso intercorra più tempo fra il prelievo e l'analisi si procede al congelamento a -20°C.

I contenitori utilizzati per lo stoccaggio dei campioni sono in PE di colore nero.

Per l'analisi di azoto e fosforo totali il campione non deve essere filtrato.

3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche

Per i prelievi delle diverse aliquote per le determinazioni delle sostanze richieste dalle tabelle 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/15 vengono adottati i seguenti criteri:

- utilizzare contenitori perfettamente puliti;
- risciacquare preventivamente i contenitori con acqua di mare;

- per i metalli e i solventi riempire completamente la bottiglia senza lasciare spazio di testa;
- per gli IPA e ftalati utilizzare bottiglie in vetro scuro con tappo in teflon.

3.1.2 Prelievo sedimento

3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos

Il prelievo dei campioni è effettuato mediante l'utilizzo della benna di Van Veen di 0.112 m². In ogni stazione vengono eseguite 3 repliche. Il campione rimosso dalla benna è posto in una bacinella di plastica di dimensioni appropriate a cui è aggiunta acqua di mare al fine di sciogliere meglio i piccoli noduli di sedimento argilloso eventualmente presenti. I campioni sono poi sottoposti a setacciatura allo scopo di eliminare l'acqua, il sedimento e quanto altro non necessario per la ricerca in questione; tale operazione di vagliatura è effettuata con un setaccio in acciaio inossidabile con maglie di 1 mm. I campioni sono quindi trasferiti in barattoli di plastica di forma circolare opportunamente etichettati, successivamente fissati per 48 ore con una soluzione tamponata di formaldeide al 5%; trascorso tale intervallo di tempo gli organismi sono estratti e riposti in una soluzione conservante finale costituita da etanolo al 70%.

3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è svolta in condizioni meteo-marine stabili, ponendo l'attenzione ad arrecare il minore disturbo possibile alla matrice da campionare.

In ogni stazione di campionamento il prelievo del sedimento è effettuato come descritto di seguito:

- vengono eseguite 3 bennate con benna Van Veen (0.112 m² con superficie di campionamento e capacità 22 litri);
- per ogni bennata vengono prelevati i primi 5 cm circa di strato superficiale;
- gli strati superficiali vengono poi omogeneizzati in un unico contenitore e il campione così ottenuto è suddiviso in aliquote;
- ciascuna aliquota è raccolta in contenitore apposito ed identificata con codice della stazione di campionamento e tipologia di indagine al quale è destinato il campione.

3.1.3 Prelievo biota

3.1.3.a Prelievo per indagini chimiche

Per le analisi da effettuare sul biota (pesce) ai sensi del D.Lgs 172/15 sono state individuate in modo convenzionale due stazioni, una per ogni corpo idrico marino costiero (Tabella 4 e Figura 105). A riguardo si precisa che questa matrice, essendo di fatto non stanziale, viene prelevata da operatori del settore della pesca che operano in un'area più ampia rispetto a quella puntuale indicata dalle stazioni individuate. I campioni così prelevati, costituiti ognuno da almeno 10 individui per un peso totale non inferiore a 300 g, sono consegnati freschi e nel più breve tempo possibile presso il laboratorio Arpae che esegue le analisi. Per il monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici nel biota (molluschi), sono state infine selezionate ulteriori 4 stazioni già appartenenti all'esistente rete vita molluschi istituita ai sensi dell'art. 87 del D.Lgs 152/06 (Tabella 4 e Figura 131).

3.1.4 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua

La determinazione dei parametri idrologici viene effettuata mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico “Daphne II”. Viene inoltre eseguito il monitoraggio dell’evoluzione degli aggregati mucillaginosi mediante l’utilizzo di una telecamera subacquea filoguidata le cui immagini vengono archiviate in una banca dati.

Parametro	Caratteristiche strumentali
Temperatura	
Salinità	Utilizzo di Sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati
Ossigeno dissolto	
pH	
Conducibilità	
Pressione	
Torbidità	
Clorofilla “a” profilo verticale	Fluorimetro “Cyclops Sensor 7F” abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus
Clorofilla “a” concentrazione	Metodo fluorimetrico mediante TURNER 10 AU
Trasparenza	Disco di Secchi
Stato di aggregazione e distribuzione sulla colonna d’acqua di aggregati mucillaginosi	Telecamera filoguidata (Luna Advance Pro di Studio Matacchiera)

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

Tipi di sensore	Range	Accuratezza	Sensibilità	K time
Pressione	0 – 200 dbar	0.2 % f.s.	0.03 %	50 ms
Temperatura	-3 - +50 °C	0.003 °C	0.0005 °C	50 ms
Conducibilità	0 – 64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm	50 ms
Ossigeno dissolto	0 – 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm	3 s
	0 – 500% sat.	1% sat.	0.1% sat.	3 s
pH	0 – 14 pH	0.01 pH	0.001 pH	3 s
Torbidimetro	0 – 4000 ftu	1% f. s.	4.0 ftu	1 s
Fluorimetro	0 – 30 µg/l	1% f. s.	0.1 µg/l	1 s

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Matrice acqua

3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico
Pesticidi	
2,4'-DDT	
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
HCH Alfa	
HCH Beta	
HCH Delta	
Lindano (HCH Gamma)	
Alaclor	
Aldrin	
Dieldrin	
Endrin	
Isodrin	
Esaclorobenzene	
Atrazina	
Trifluralin	
Clorfenvinfos	
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	
Simazina	
Pentaclorobenzene	
Endosulfan (somma)	
Diuron	
Isoproturon	
Chinossifen	- APAT IRSA CNR 5060
Aclonifen	
Cibutrina	
Terbutrina	
Dimetoato	
Terbutilazina e desetil-terbutilazina	
Azoxistrobin	
Boscalid	
Carbendazim	
Clorantranilipolo (DPX E – 2Y45)	
Cloridazon	
Dimetomorf	
Fludioxonil	
Fluopicolide	
Fluxapyroxad	
Imidacloprid	
Metalaxil	
Metamitron	
Metolaclor	
Oxadiazon	
Pirimicarb	
Procloraz	
Propizamide	
Tebuconazolo	
Tiametoxam	
Triticonazolo	

Parametro	Metodo analitico
Solventi organici	
Benzene	
1,2-Dicloroetano	
Diclorometano	
Esaclorobutadiene	
Tetracloruro di carbonio	- EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018
Tetracloroetilene	
Tricloroetilene	
1,2,4-Triclorobenzene	
1,2,3-Triclorobenzene	
1,3,5-Triclorobenzene	
Triclorometano	
Ftalati	
Di (2-etilesil) ftalato (DEHP)	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Alchilfenoli	
4- Nonilfenolo	
Ottifenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Clorofenoli	
Pentaclorofenolo	- ASTM D6520-18
Cloroalcani	
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51.5%)	- Metodo interno
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	
Antracene	
Benzo(a)pirene	
Benzo(b)fluorantene	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Metalli	
Mercurio e composti	- EPA 245.7 2005
Cadmio	
Nichel	- UNI EN ISO 17294-2:2023
Piombo	
Organometalli	
Tributilstagno (composti) (tributilstagno-catione)	- Metodo interno

3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (Multitest MT3A) SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)
Fosforo reattivo	SEAL Analytical Q-064-05 Rev. 11
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 7
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-070-05 Rev. 9
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-068-05 Rev. 14
Silicati	SEAL Analytical Q-066-05 Rev. 7

3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

Il campionamento e l'analisi del fitoplancton è stato eseguito secondo i criteri definiti nelle “*Metodologie di studio del plancton marino*” (ISPRA Manuali e Linee Guida 56/2010). L'analisi quali-quantitativa è stata effettuata utilizzando un microscopio rovesciato Nikon Ti-eclipse con i seguenti ingrandimenti: 1000x, 600x, 400x, 300x, 200x, 100x. L'analisi qualitativa e quantitativa del campione viene eseguita secondo la metodologia riportata nella norma UNI EN 15204: 2006.

A supporto del dato quali-quantitativo, ove necessario, può essere raccolta una retinata di fitoplancton lungo la colonna d'acqua utilizzando un retino in nylon con maglia da 20 µm.

3.2.2 Matrice sedimento

3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	<ul style="list-style-type: none">- “Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84.- ASTM E11:24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves.- ISO 3310-1:2016 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth.- ISO 13317-3:2001 Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods- Part 3: X-ray gravitational technique.- Romano E., Ausili A., Bergamin L., Celia Magno M., Pierfranceschi G., Venti F., 2018. Analisi granulometriche dei sedimenti marini. Linee Guida SNPA 18/2018.
Carbonio organico (TOC)	<ul style="list-style-type: none">- DM 13/09/1999 GU n°248 21/10/1999 Met VII 1“Determinazione del carbonio totale o organico e dell'azoto totale con analizzatore elementare.”

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	
Cadmio	
Nichel	
Piombo	- Metodo interno (Mineralizzazione con acqua regia) + UNI EN 16171:2016
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo esavalente (Cr VI)	- Manuale ANPA 3/2001 16. Cromo esavalente: metodo tampone fosfato.
Organometalli	
Tributilstagno	- Metodo interno (Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS)

Sostanza	Metodo analitico
Pesticidi	
Aldrin	
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Policiclici Aromatici	
Naftalene	
Acenaftilene	
Acenaftene	
Fluorene	
Fenantrene	
Antracene	
Fluorantene	
Pirene	
Benzo(a)antracene	
Crisene	
Benzo(b)+(j)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(a)pirene	
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	
Dibenzo(ac)+(ah)antracene	
Benzo(ghi)perilene	
Diossine e Furani	
2.3.7.8-T4CDD	
1.2.3.7.8-P5CDD	
1.2.3.4.7.8-H6CDD	
1.2.3.6.7.8-H6CDD	
1.2.3.7.8.9-H6CDD	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD	
O8CDD	
2.3.7.8-T4CDF	
1.2.3.7.8-P5CDF	- EPA3545A 2007 + EPA3665A 1996 + EPA8280B 2007
2.3.4.7.8-P5CDF	
1.2.3.4.7.8-H6CDF	
1.2.3.6.7.8-H6CDF	
2.3.4.6.7.8-H6CDF	
1.2.3.7.8.9-H6CDF	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF	
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF	
O8CDF	
PCB	
T3CB- 31+28	
T4CB-52	
P5CB-101	
T4CB-81	
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	- EPA 3545A 2007 + EPA 3665A 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
H6CB-153+168	
P5CB-105	
H6CB-138	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	

Sostanza	Metodo analitico
H6CB-157	
H7CB-180+193	
H6CB-169	
H7CB-170	
H7CB-189	

3.2.2.c Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos

Vengono adottati i criteri definiti da Gambi, M.C. & Dappiano, M. (Ed. 2003), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo con il contributo di APAT, SIBM, ICRAM in Biologia marina mediterranea Vol. 10 (suppl.). Per ciascuna stazione è previsto il campionamento in 3 repliche di sedimento mediante benna Van Veen (0.112 m²) e conseguente:

- setacciatura del sedimento in campo con setacci da maglie di 1.0 mm;
- preparazione dei campioni e fissazione;
- *sorting* dei campioni in laboratorio.

L'indagine consiste nella:

- identificazione dei taxa con determinazione del numero di specie e del numero di individui (composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici);
- segnalazione dei taxa sensibili;
- elaborazione della matrice quantitativa dei dati su cui calcolare: l'Indice di Diversità specifica (H Shannon) e gli Indici specificati nella normativa quali AMBI, M-AMBI.

3.2.3 Matrice biota

3.2.3.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2023
Pesticidi	
2,4'-DDT	
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	- Metodo interno (Estrazione Quechers e determinazione in GC-Triple Quadrupolo)
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
Esaclorobenzene	
Dicofol	
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	- EPA 1633 2022

Sostanza	Metodo analitico
Solventi organici	
Esaclorobutadiene	- EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo interno (Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep e determinazione in GC/MS/MS)
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	- Metodologie analitiche di riferimento, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, BIOACCUMULO IN BIVALVI, Scheda 5
Benzo(a)pirene	
Diossine e Furani	
2.3.7.8-T4CDD	- Metodo EPA 1613B 1994 (HRGC+HRMS)
1.2.3.7.8-P5CDD	
1.2.3.4.7.8-H6CDD	
1.2.3.6.7.8-H6CDD	
1.2.3.7.8.9-H6CDD	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD	
O8CDD	
2.3.7.8-T4CDF	
1.2.3.7.8-P5CDF	
2.3.4.7.8-P5CDF	
1.2.3.4.7.8-H6CDF	
1.2.3.6.7.8-H6CDF	
2.3.4.6.7.8-H6CDF	
1.2.3.7.8.9-H6CDF	
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF	
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF	
O8CDF	
PCB	
T4CB-81	- Metodo interno (Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep e determinazione in HRMS)
T4CB-77	
P5CB-123	
P5CB-118	
P5CB-114	
P5CB-105	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
H6CB-157	
H6CB-169	
H7CB-189	

3.2.4 Indagini meteo-marine

Determinazione	Strumentazione - Località
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima di Arpaie

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio prevista per il controllo e la valutazione dello stato trofico lungo la costa dell'Emilia-Romagna si attua su una rete di 35 stazioni distribuite nel tratto compreso tra Lido di Volano e Cattolica e posizionate a partire da 500 m dalla linea di costa fino a 20 km al largo.

Nella Tabella 1 vengono elencate le stazioni con le loro coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche, mentre nella Figura 6 viene rappresentata la rete di monitoraggio.

L'attività di controllo e di studio del fenomeno "Eutrofizzazione" che interessa questa zona dell'Adriatico nord-occidentale ha come obiettivo non solo quello di tenere monitorate costantemente le diverse matrici che compongono l'ecosistema marino ma anche ricercare e studiare i fattori causali del processo e attuare le migliori strategie di prevenzione e protezione della qualità ambientale. Le finalità delle misure e dei prelievi previsti dal piano di monitoraggio indicato possono essere così sintetizzati:

- definire l'intensità e l'estensione di eventuali fioriture microalgali in ambiente marino;
- riconoscere/determinare le specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture microalgali;
- monitorare gli effetti derivanti dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno eutrofico (colorazioni anomale delle acque, ipossie/anossie dei fondali, morie di pesci ed organismi bentonici) ed individuare gli elementi scatenanti/causali;
- determinare le concentrazioni dei nutrienti, in particolare fosforo e azoto, la loro distribuzione spaziale e temporale ed individuare il fattore limitante la crescita microalgale;
- seguire gli andamenti temporali e spaziali dei principali parametri fisico-chimici in relazione ai fenomeni eutrofici e alle condizioni meteo-marine sia nelle acque superficiali sia lungo la colonna d'acqua;
- valutare l'efficacia di eventuali interventi di risanamento eseguiti a breve e lungo termine per la salvaguardia degli ecosistemi e per la tutela delle risorse;
- implementare l'archivio di dati e utilizzare le informazioni per applicare modelli previsionali a supporto delle attività di controllo e gestione.

Tabella 1 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Emilia-Romagna per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R. 39/78, L.R. 3/99 e L.R. 44/95)

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84 (gg.ppdddd)	LON WGS84 (gg.ppdddd)	Lat_ETRS89 fuso 32	Lon_ETRS89 fuso 32
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128	4961763.238	757882.26
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388	4957450.172	757428.483
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228	4950505.149	758214.1
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268	4944824.206	761095.818
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568	4938605.031	761386.573
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348	4929533.503	761855.835
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387	4921820.87	764830.451
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826	4913473.642	766958.552
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405	4907544.138	768343.888
13	Zadina	3.0	0.5	44.13621	12.23442	4902680.131	770812.14
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524	4901056.078	771826.786
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585	4894514.955	777713.919
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548	4886745.082	786995.037
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289	4881380.572	791556.879
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691	4875519.162	800094.751
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088	4961719.579	760388.963
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888	4950615.542	760679.242
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348	4939083.479	763857.269
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627	4930737.022	764101.26
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866	4922354.262	767265.292
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444	4902149.571	774037.947
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907	4888943.406	788150.232
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912	4877575.705	801504.241
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888	4961631.15	763405.026
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968	4950756.24	763595.824
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585	4922917.697	770129.309
614	Cesenatico	10.2	6	44.139407	12.278603	4903517.701	776668.771
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712	4880059.585	803238.508
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489	4961542.211	767452.199
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689	4950945.689	767654.129
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945	4923741.645	774130.687
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963	4905372.19	780237.865
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892	4883359.711	805519.846
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289	4951390.256	777642.331
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884	4909931.106	789092.228

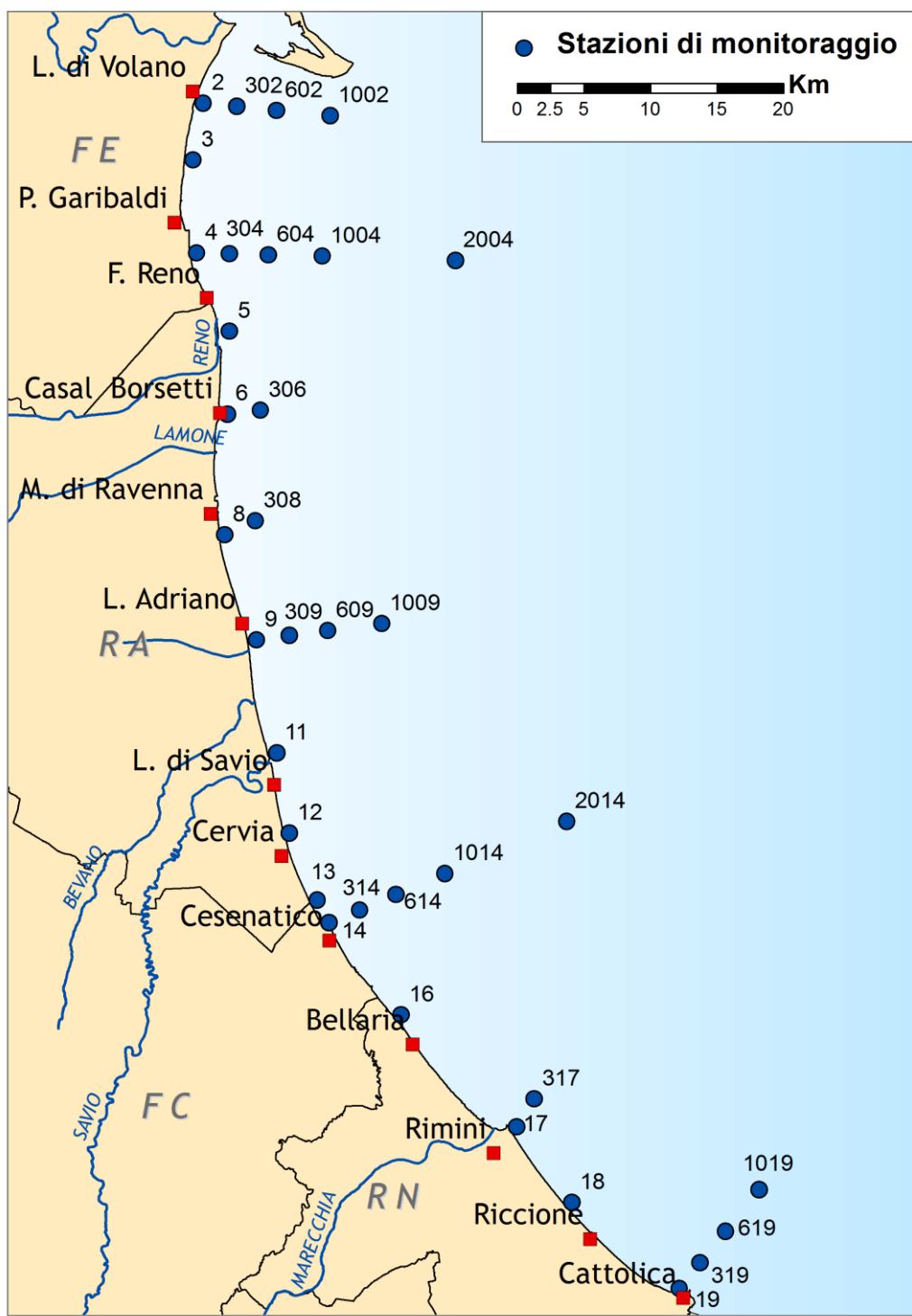


Figura 6 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

Il monitoraggio di base scaturisce sia dall'esperienza acquisita attraverso la tradizionale attività nel campo del controllo dell'ecosistema costiero, sia dall'effettiva esigenza di tutelare un'area di mare che, per le condizioni che la caratterizzano, è soggetta a possibili distrofie le cui conseguenze possono determinare pesanti effetti sull'ambiente nonché sulle economie collegate al turismo e alla pesca. I dati di caratterizzazione dello stato trofico ricavati dall'attività di monitoraggio vengono elaborati e pubblicati dal 1981. Un importante data set che ha permesso di disegnare la climatologia di base dei parametri presi in considerazione e il loro campo di variazione, un riferimento utile alla definizione del livello di scostamento da una situazione "normale".

Il monitoraggio lungo la costa emiliano romagnola prevede in generale una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e mensile per il fitoplancton. Per le variabili idrologiche la frequenza invece è settimanale nel periodo estivo da giugno a settembre e quindicinale per i restanti mesi. Il monitoraggio quindicinale viene effettuato, in condizioni meteo-marine favorevoli, generalmente la 1° e la 3° settimana del mese.

Per quanto riguarda i nutrienti il campionamento viene eseguito su tutte le stazioni ad esclusione di quelle situate a 6 km di distanza dalla costa. Per temperatura, salinità, ossigeno dissolto e pH viene fornito il profilo verticale registrato con la sonda multiparametrica mediato ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline (aloclini), nonché gli stati anossici e/o ipossici che si possono verificare a livello del fondale.

Nel campionamento del fitoplancton, effettuato alla profondità di 50 cm, le stazioni controllate sono quelle poste a 500 m e a 3 km dalla costa antistante Lido di Volano, Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini.

Durante la prima settimana di ogni mese il piano di monitoraggio prevede la determinazione dei nutrienti e la misurazione dei parametri idrologici anche nelle stazioni posizionate a 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi (stazione 2004) e di Cesenatico (stazione 2014); vengono inoltre eseguite, sempre lo stesso giorno in entrambi i transetti, analisi di nutrienti anche sulle acque di fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km.

Ulteriore finalità all'indagine nell'area al largo è quella di individuare l'incidenza del carico di nutrienti sversati dal fiume Po e caratterizzare gli apporti dal bacino padano rispetto a quelli veicolati dai bacini costieri.

Nella Tabella 2 vengono riepilogati i parametri controllati e le misure effettuate in ogni stazione e la frequenza di campionamento.

Tabella 2 – Schema del piano di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione

CODICE STAZIONE	FITOPLANCTON	NUTRIENTI		PROFILI (CTD)	
	MENSILE	QUINDICINALE	MENSILE	QUINDICINALE* SETTIMANALE**	MENSILE
2					
3					
4					
5					
6					
8					
9					
11					
12					
13					
14					
16					
17					
18					
19					
302					
304			fondo		
306					
308					
309					
314			fondo		
317					
319					
602					
604					
609					
614					
619					
1002					
1004			fondo		
1009					
1014			fondo		
1019					
2004			sup/fon		
2014			sup/fon		

(*) Quindicinale da gennaio a maggio e da ottobre a dicembre

(**) Settimanale da giugno a settembre

4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO ROMAGNOLO

Il 2024 è stato un anno caratterizzato dal susseguirsi di episodi significativi per quanto riguarda le precipitazioni e le temperature atmosferiche.

In linea con la tendenza degli ultimi anni si è assistito a periodi con temperature esterne elevate sia di giorno che di notte che hanno influito anche sull'andamento delle temperature delle acque marine in superficie e lungo la colonna d'acqua. Queste anomalie termiche si sono registrate non solo durante la stagione estiva ma anche in autunno e inverno. Per quanto riguarda le precipitazioni il 2024 si è contraddistinto come un anno particolarmente piovoso soprattutto rispetto agli ultimi anni. Eventi eccezionali di pioggia su tutta la regione si sono concentrati particolarmente a settembre e ottobre ma anche in altri periodi con minore intensità (Figura 7) come a maggio, ed hanno contribuito all'incremento dei livelli dei fiumi con conseguente aumento delle portate alle foci. In alcuni periodi le immissioni di acque dolci dai fiumi regionali ed in particolare dal bacino padano hanno contribuito a forti diluizioni delle acque marine di superficie e contemporaneamente anche all'aumento della produttività dell'ecosistema costiero.

Le acque dolci dall'entroterra infatti sono ricche di nutrienti in particolare azoto e fosforo che alimentano e sostengono la componente microalgale presente in mare che in alcuni periodi può crescere in maniera abnorme e innescare fenomeni eutrofici più o meno estesi. Da sempre il tratto di costa antistante l'Emilia-Romagna è considerato un mare estremamente produttivo e soggetto allo sviluppo di fenomeni eutrofici che influiscono sulla qualità dell'ambiente marino. Questo perché, oltre a colorare le acque e aumentare la torbidità, la comunità fitoplanctonica, una volta terminato il proprio ciclo di vita, si deposita sul fondo aumentando l'attività degli organismi bentonici detritivori. Questi ultimi essendo aerobici, in queste condizioni di intensa attività metabolica, consumano più velocemente l'ossigeno dissolto che può portare a diminuzioni di concentrazione importanti non solo sul fondo ma anche lungo la verticale e innescare situazioni di criticità per le comunità biologiche marine. In mare condizioni di eutrofizzazione e ipossia/anossia si risolvono principalmente a seguito di eventi di vento forte e mareggiate più o meno intense che aumentano l'idrodinamismo delle masse d'acqua con conseguente rimescolamento da superficie al fondo.

I primi controlli del 2024 hanno evidenziato una condizione di eutrofizzazione estesa sia in costa che al largo. I campioni di acqua prelevati durante le attività di monitoraggio presentavano fioriture microalgalie, caratteristiche del periodo, rappresentate principalmente da Diatomee; l'analisi al microscopio ha identificato come le più abbondanti fossero appartenenti ai generi *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp. (Figura 8, Figura 9).

L'apporto di acque dolci dai bacini costieri e da quello padano come già accennato, contribuiscono ad immettere in ambiente marino masse d'acque ricche di elementi eutrofizzanti che incrementano la produttività dell'ecosistema costiero portando in alcuni momenti a concentrazioni di clorofilla "a" superiori ai 10 µg/l.

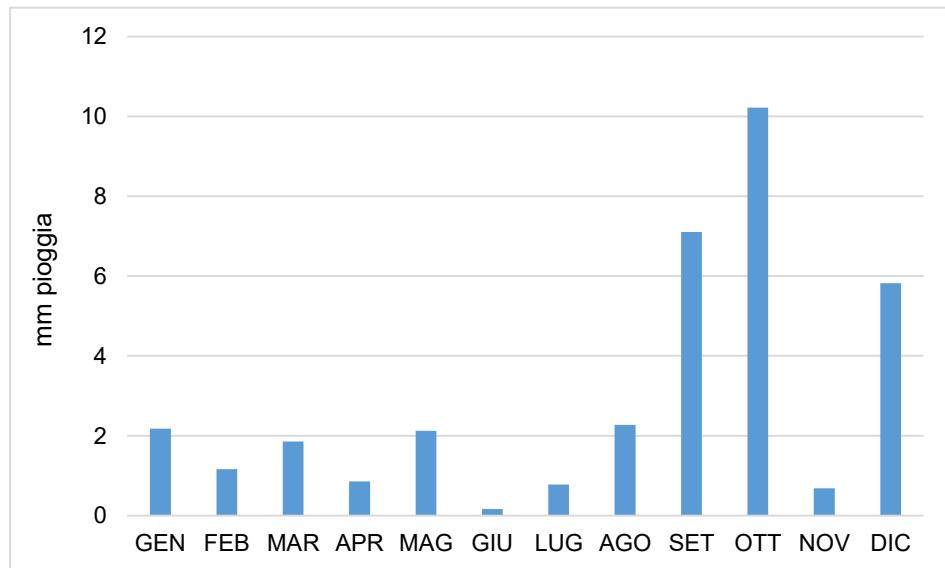


Figura 7 – Andamento mensile delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

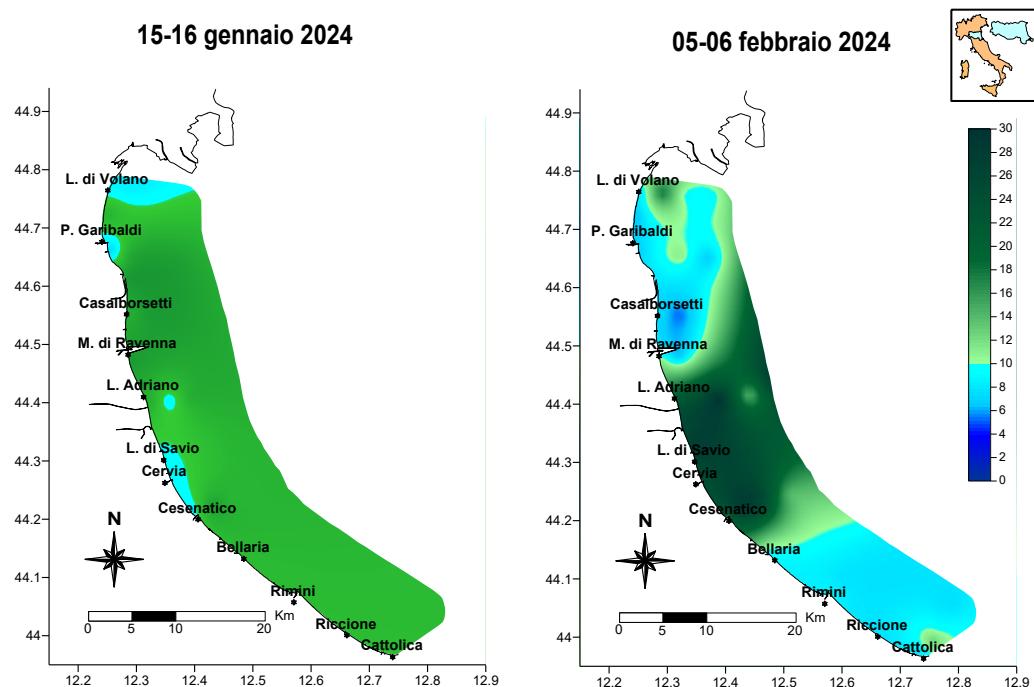


Figura 8 – Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa fino a 10 km: 15-16 gennaio e 5-6 febbraio

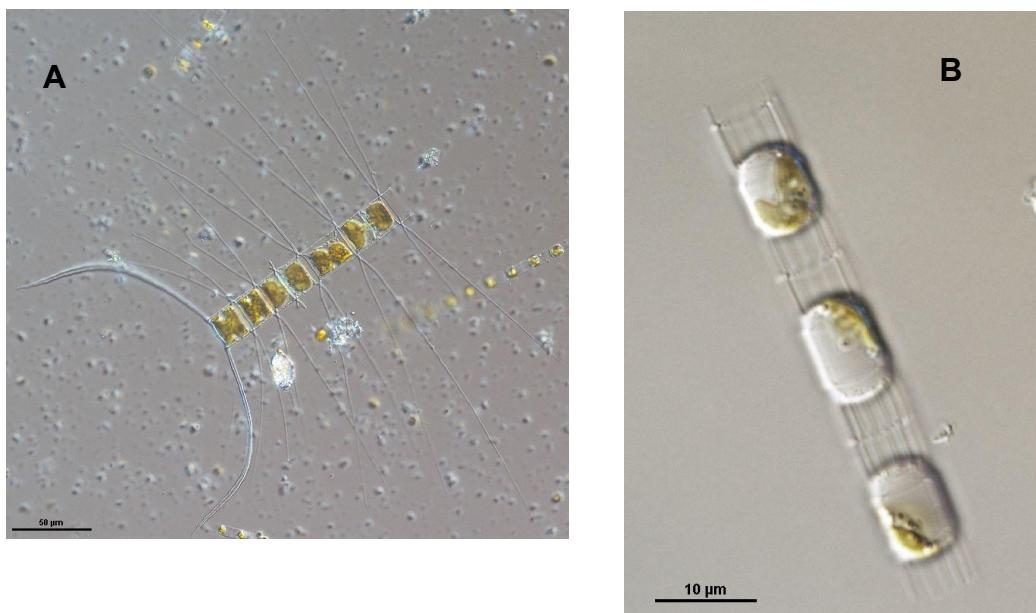


Figura 9 – A) *Chaetoceros affinis*; B) *Skeletonema* spp. al microscopio elettronico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

La mappa di Figura 10 fotografa la distribuzione dei valori di salinità rilevati durante il monitoraggio N°4 del 19-20 febbraio evidenziando una condizione di elevata diluizione delle acque marine superficiali nell'area centro settentrionale della costa: qui si sono rilevati valori di salinità molto bassi anche inferiori ai 20 psu a conferma di importanti apporti di acque dolci dall'entroterra.

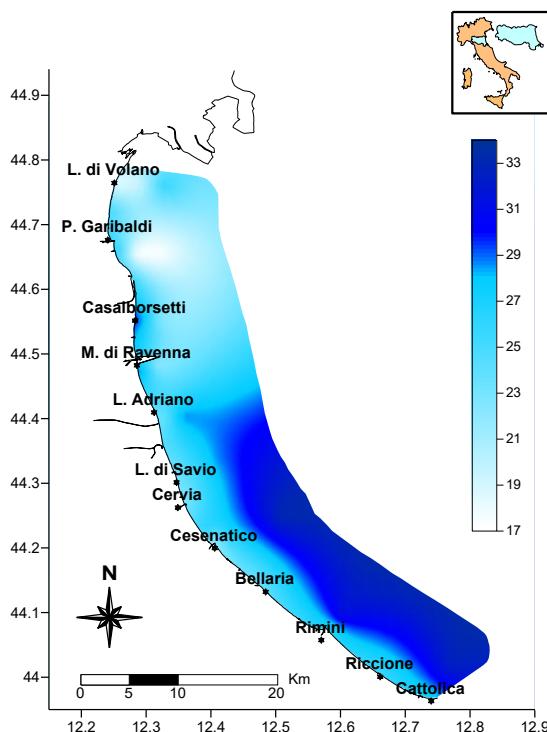


Figura 10 – Mappa di distribuzione della salinità (psu) in superficie da costa a 10 km: 19-20 febbraio

Anche nel corso dei controlli di marzo si sono registrati bassi valori di salinità lungo tutta la costa strettamente correlati alle elevate portate in particolare dal bacino padano (Figura 39) che hanno veicolato maggiori quantità di nutrienti in mare con conseguente incremento delle concentrazioni degli indici trofici (Figura 11). In laboratorio si sono poi determinate le fioriture microalgalie definendo come fossero sostenute principalmente sempre da generi appartenenti al gruppo delle Diatomee (*Pseudo nitzschia* spp.).

Come accade frequentemente, condizioni meteo marine particolari caratterizzate da venti forti e mare mosso contribuiscono al miglioramento della qualità ambientale. È quello che si è verificato a fine marzo inizio aprile dove venti provenienti da NE hanno innescato un forte rimescolamento delle masse d'acqua lungo tutta la colonna d'acqua. Il primo monitoraggio di aprile ha infatti rilevato una condizione ambientale dell'ecosistema marino buona, caratterizzata da valori bassi degli indici trofici e una buona salinità (

Figura 12). Nella norma i valori di ossigeno disciolto anche a livello del fondale a conferma di condizioni buone sia in costa che al largo, da nord a sud.

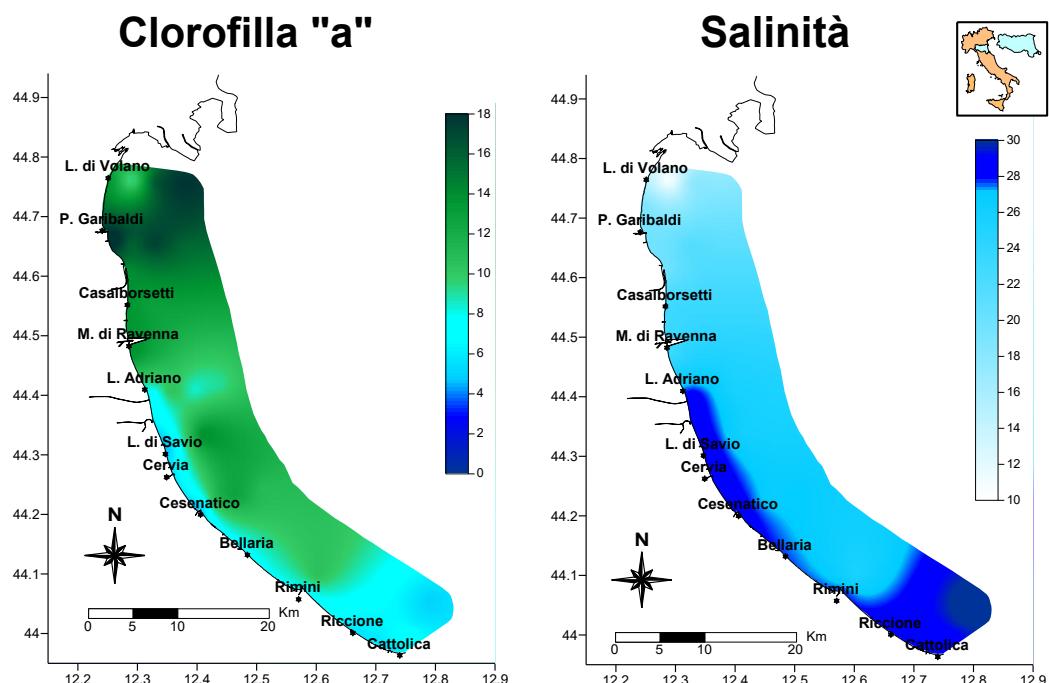


Figura 11 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e della salinità (psu) in superficie da costa a 10 km al largo: 18-19 marzo

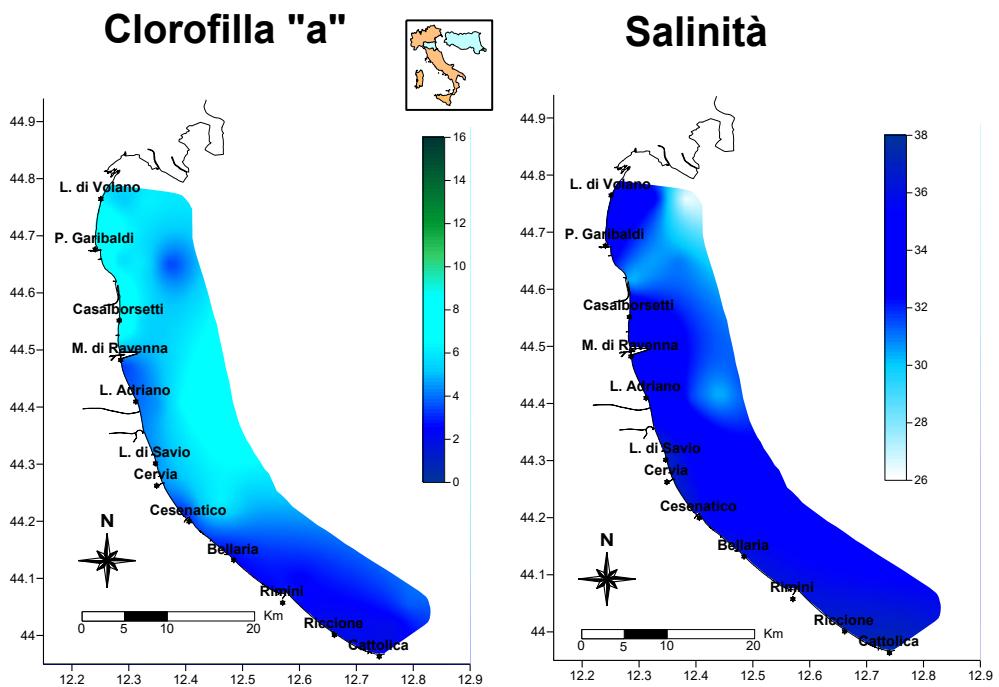


Figura 12 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa a 10 km al largo: 3-4 aprile

A metà aprile si è incominciato ad osservare un graduale aumento delle temperature delle acque marine in superficie, sia in costa che al largo (Figura 13), strettamente correlate all'incremento delle temperature esterne.

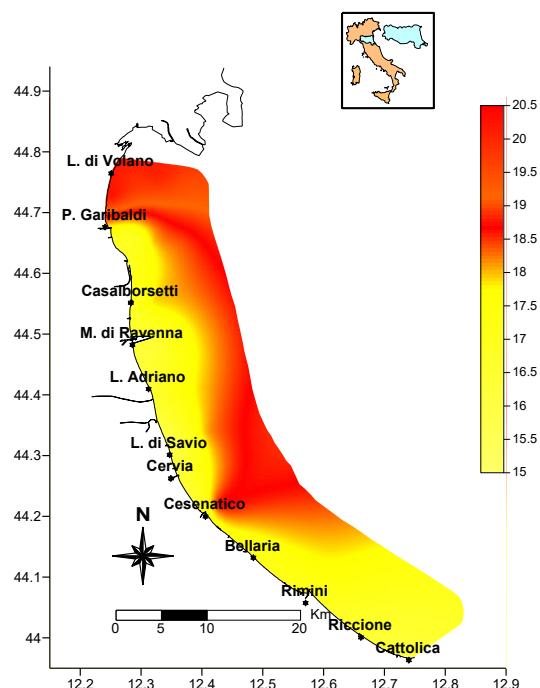


Figura 13 – Mappa di distribuzione della temperatura ($^{\circ}\text{C}$) in superficie da costa a 10 km: 15-16 aprile

Durante il mese di maggio si sono verificate giornate di pioggia su tutta la regione (Figura 14) che hanno portato ad un innalzamento dei livelli dei fiumi e un conseguente aumento delle immissioni di acque dolci in mare. Tale condizione ha portato ad una diminuzione in superficie della salinità ed un incremento degli indici trofici nei primi metri lungo la colonna d'acqua (Figura 15).

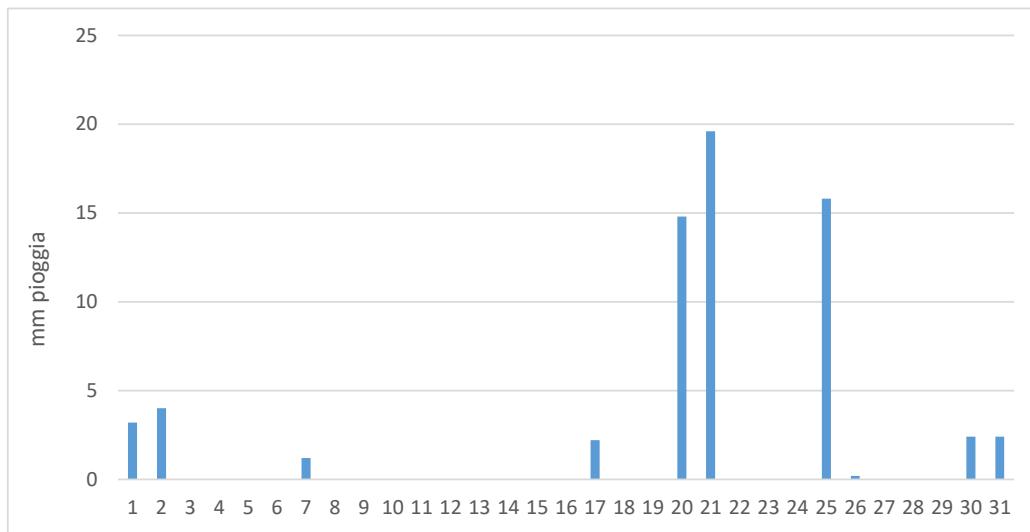


Figura 14 – Andamento delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne durante il mese di maggio

L'esecuzione del monitoraggio settimanale viene svolto generalmente in due giorni consecutivi; un giorno viene monitorato il tratto Nord (Lido di Volano-Zadina), il secondo giorno il tratto Sud (Cesenatico-Cattolica). Può talvolta accadere che le attività di monitoraggio siano interrotte e riprese dopo qualche giorno con il rilevamento di condizioni diverse rispetto al primo giorno nei due tratti di costa come ad esempio si è verificato durante il monitoraggio del 20-23 maggio. Il controlli eseguiti il giorno 20 nel tratto compreso tra Zadina a Lido di Volano evidenziavano una condizione ambientale caratterizzata da salinità basse ed elevate concentrazioni di clorofilla "a" correlate ad un incremento delle portate dal bacino padano che da sempre influenzano direttamente l'area. Lungo il tratto di mare da Cesenatico a Cattolica, monitorato il giorno 23 dopo giornate di mare mosso, hanno invece rilevato una condizione diversa con valori bassi degli indici trofici, una buona salinità in superficie e temperature delle acque marine inferiori rispetto a quelle misurate nell'area più a nord come conseguenza di un buon rimescolamento tra superficie e fondo.

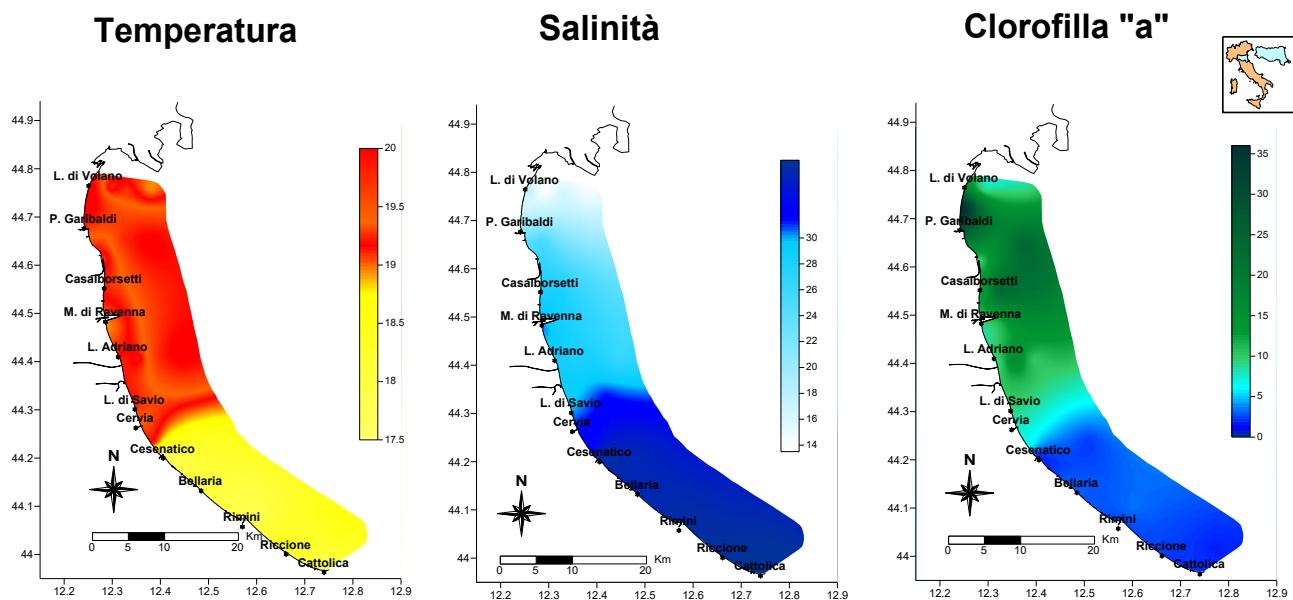


Figura 15 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa a 10 km al largo: 20-23 giugno

A partire dal mese di giugno, contemporaneamente ad un incremento delle temperature esterne diurne si registrano un aumento progressivo anche delle temperature marine in superficie lungo tutta la costa, anche al largo con valori massimi raggiunti a fine luglio.

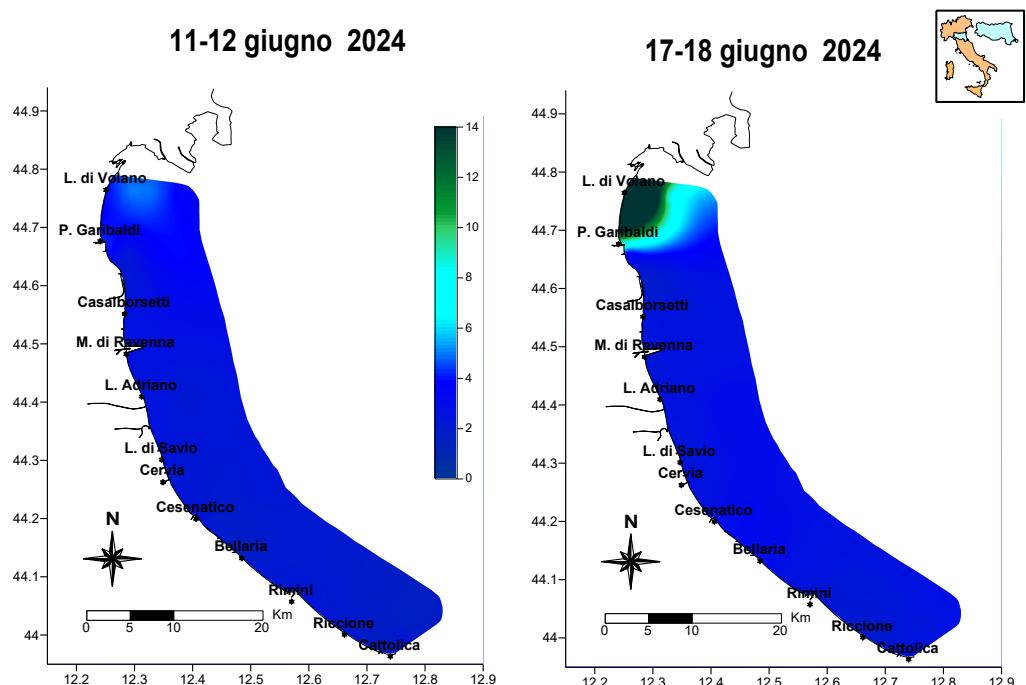


Figura 16 – Mappe di distribuzione della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa a 10 km al largo: 11-12 e 17-18 giugno

Durante il mese di giugno le concentrazioni della clorofilla “a” si sono mantenute in generale su valori medio bassi ad eccezione di alcune aree prossime alla costa, localizzate nella parte più a nord, dove durante i controlli del 17-18 giugno si è osservato un incremento (Figura 16). Valori più alti di clorofilla “a”, superiori ai 10 µg/l, misurati tra Porto Garibaldi e Lido di Volano erano dovuti alla presenza di abbondante fitoplancton rappresentato prevalentemente dal genere *Cyclotella* spp. e nanoplankton (microalghe di dimensioni inferiori ai 20 µm).

Nel corso del mese di giugno si è registrato un netto incremento delle immissioni di acque dolci dal bacino padano che ha riportato picchi di portata che hanno raggiunto valori di 3000 m³/sec. Questa condizione ha contribuito ad instaurare una corrente in superficie discendente che ha portato ad una forte diluizione delle acque marine anche nella parte più meridionale con valori al di sotto dei 30 psu nella maggior parte delle stazioni monitorate. Nelle mappe di Figura 17 viene rappresentata la distribuzione della salinità in superficie evidenziando il livello di diluizione misurato lungo tutta la costa. Le temperature durante i controlli del 26 e 27 giugno si attestavano tra i 23 e 24.5°C.

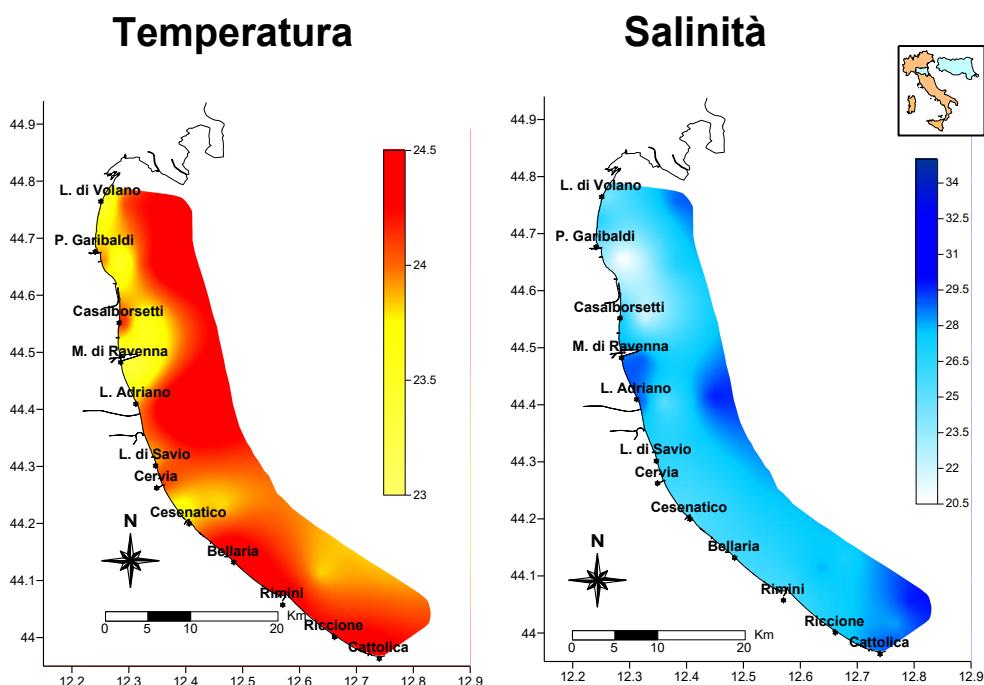


Figura 17 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu): 26-27 giugno

I mesi estivi di luglio e agosto si sono contraddistinti per temperature delle acque marine elevate anche lungo la colonna d’acqua strettamente correlate alle temperature esterne che si mantenevano elevate sia di giorno che durante le ore notturne. Nel corso dei controlli del 15-16 luglio in molte stazioni si sono raggiunti i valori di 30°C in superficie (Figura 18).

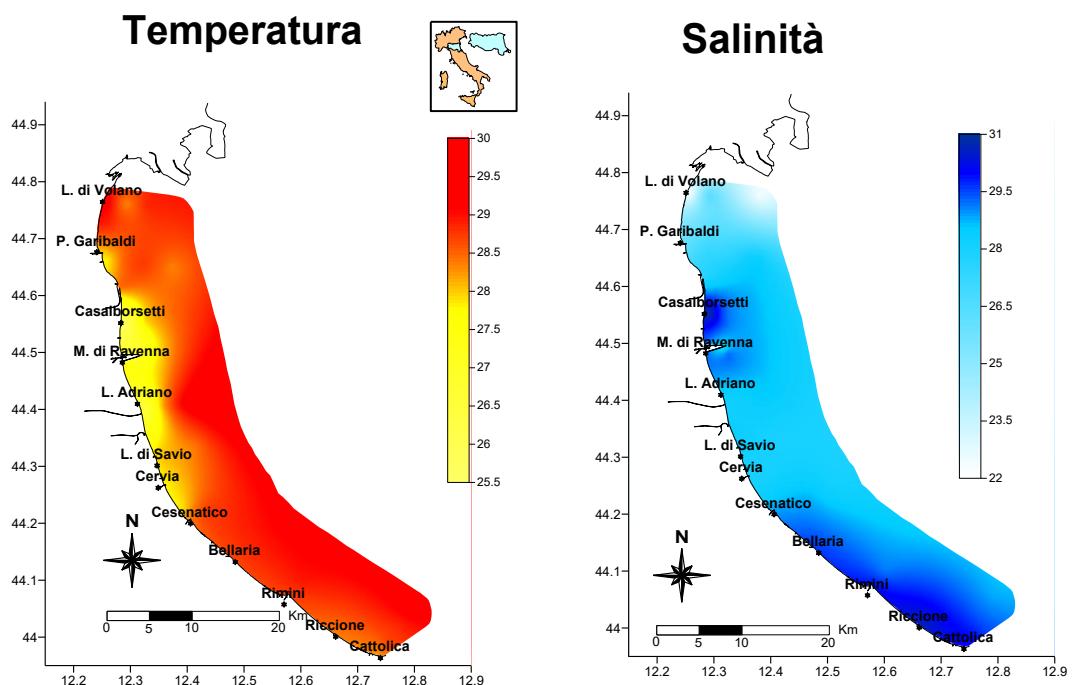


Figura 18 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu): 15-16 luglio

In generale gli indici trofici si sono mantenuti con valori inferiori ai 10 µg/l. Hanno fatto eccezione alcuni momenti dove si è registrato un incremento in particolare nell'area più settentrionale della costa come nel monitoraggio del 28-29 agosto (Figura 19). Nelle acque prossime alla costa era presente una maggior quantità di fitoplancton costituito per la maggior parte da Diatomee (*Chaetoceros* spp. e *Thalassiosira* spp.) e in numero minore da *Scripsiella* spp. (Dinoflagellate).

Per quanto riguarda le concentrazioni dell'ossigeno dissolto in alcuni momenti si è osservata una diminuzione a livello del fondale tendente all'ipossia nell'area più a nord della costa. Una condizione di ipossia più estesa si è rilevata anche a settembre dove in alcune stazioni si sono misurati sul fondo valori di ossigeno dissolto inferiori a 1 mg/l tendenti all'anossia (Figura 20). Si sottolinea come durante questi controlli non si sono evidenziate criticità a livello delle comunità biologiche a stretto contatto con il fondale marino.

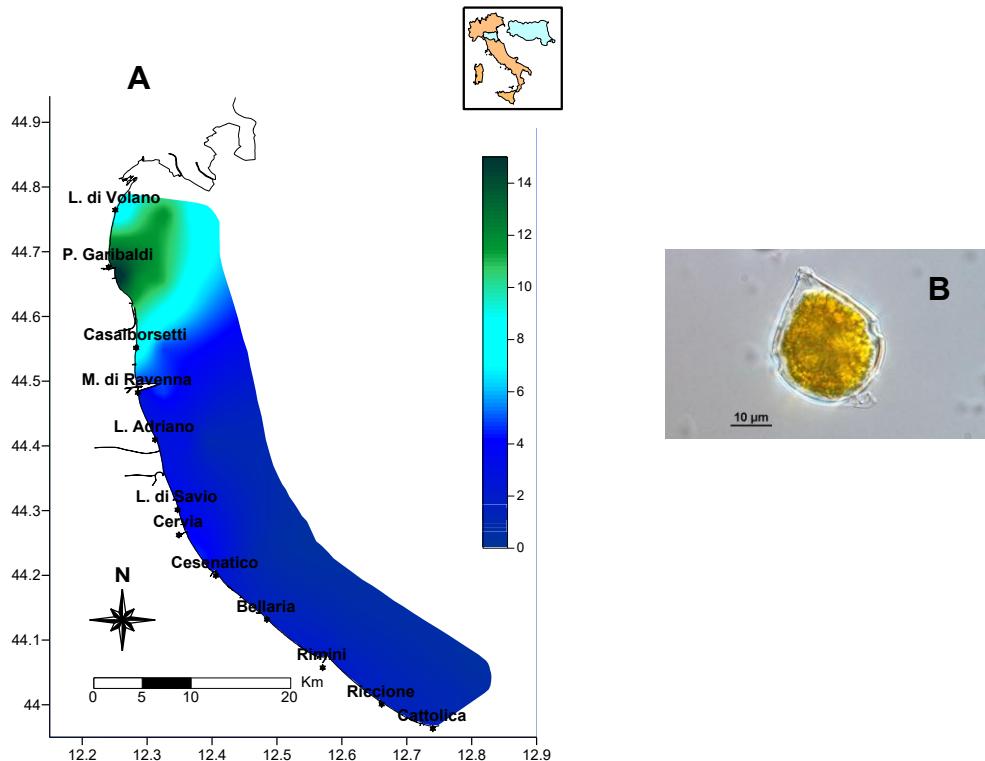
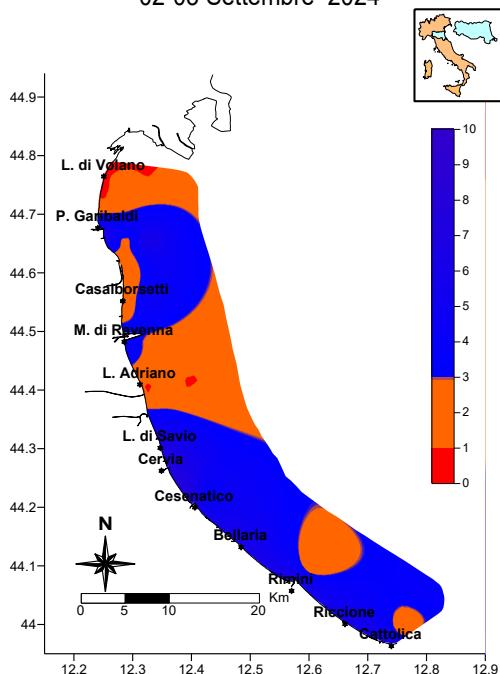


Figura 19 – A) Mappa di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$): 28-29 agosto; **B)** *Scripsiella* spp. fotografia al microscopio ottico (Foro archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Ossigeno di fondo mg/l

02-03 Settembre 2024



Ossigeno di fondo mg/l

11 Settembre 2024

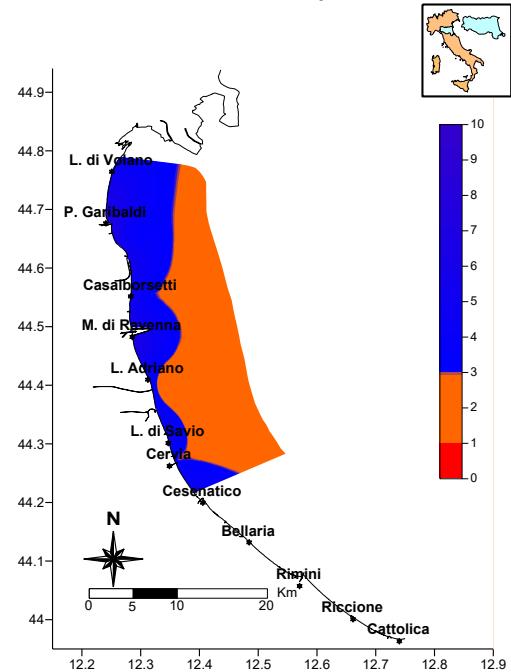


Figura 20 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto sul fondo (mg/l) durante i controlli a settembre

Fra il 17 e il 19 settembre la regione è stata interessata da eventi di pioggia estremi che hanno colpito in particolare il settore centro orientale dal bolognese al ravennate e forlivese. Le precipitazioni si sono intensificate in alcune giornate raggiungendo valori elevati in alcuni momenti che hanno portato a onde di piena in numerosi corsi d'acqua (Figura 21).

L'evento di settembre si è dimostrato molto simile a quello avvenuto a maggio 2023 coinvolgendo gli stessi territori. Questa situazione, oltre a forti ripercussioni sul territorio, ha portato ad un aumento improvviso e importante delle portate dai fiumi regionali. Tutto questo, contemporaneamente ad un incremento anche delle portate dal bacino padano e ad eventi di pioggia intense anche nel mese di ottobre, ha condizionato la qualità ambientale dell'ecosistema davanti all'Emilia-Romagna fino a novembre. Durante i controlli eseguiti con la motonave Daphne si sono registrati valori bassi di salinità nei primi metri lungo la colonna d'acqua sia in costa che al largo anche nella parte più meridionale con valori minimi, durante il monitoraggio del 24-25 ottobre, inferiori a 10 psu. Il continuo apporto di acque dolci ha contribuito anche ad una continua immissione di elementi nutritivi, come azoto e fosforo, che hanno mantenuto particolarmente elevata la produttività dell'ecosistema. Valori di clorofilla "a" alti si sono misurati in molte stazioni durante diversi controlli.

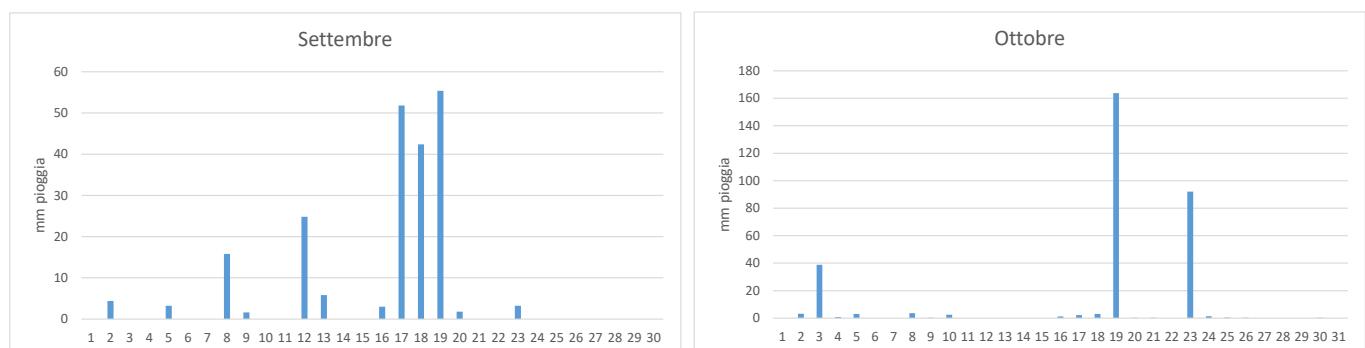


Figura 21 – Andamento mensile a settembre e ottobre delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

Nei controlli di inizio ottobre si è confermato una diminuzione lungo tutta la costa delle temperature delle acque marine di superficie con valori intorno ai 18°C nell'area più settentrionale e intorno ai 19°C nella parte meridionale (Figura 22).

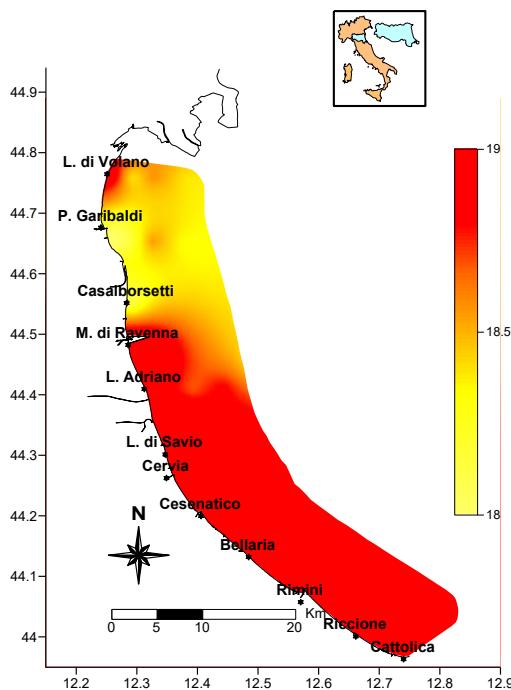


Figura 22 – Mappa di distribuzione della temperatura (°C) in superficie lungo la costa fino ai 10 km al largo: 7-14 ottobre

A fine ottobre, per condizioni meteo marine particolari il monitoraggio non è stato completato ed è stato eseguito fino ai 3 km dalla costa. In mare si è osservato ancora una forte diluizione delle acque superficiali in tutte le stazioni e uno stato di eutrofizzazione con valori elevati di clorofilla "a" (Figura 23). Le acque presentavano un'elevata torbidità sia per la presenza di materiale terrigeno in sospensione sia per la presenza di fioriture microalgaliche sostenute prevalentemente da *Chaetoceros socialis* (Diatomee).

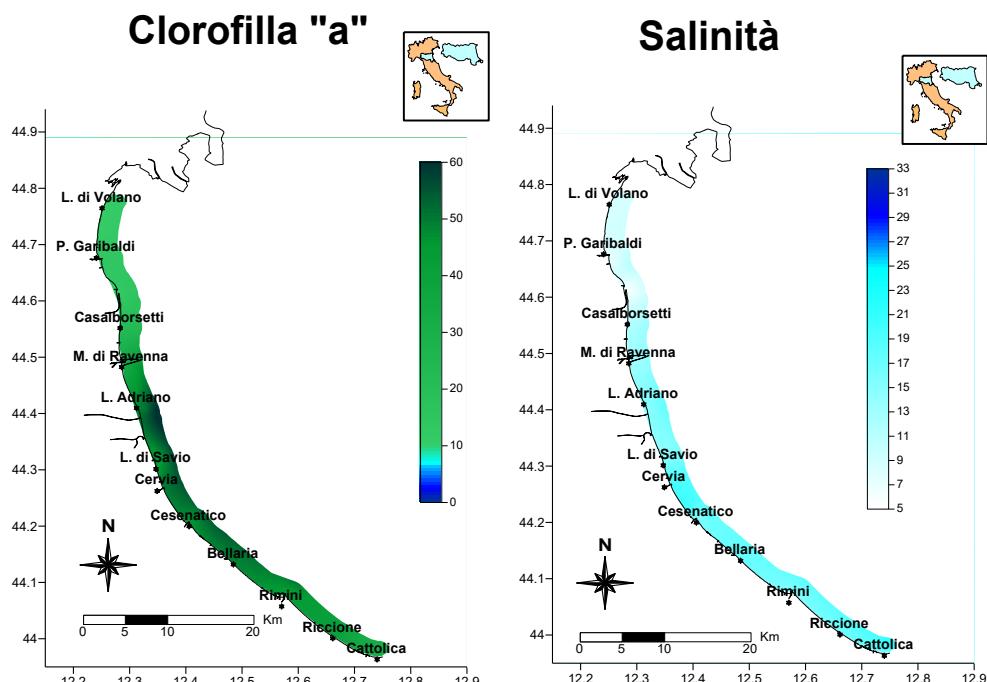


Figura 23 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla "a" in superficie fino a 10 km al largo: 24-25 ottobre

Il monitoraggio di inizio novembre eseguito fino alla distanza dei 20 km dalla costa, ha confermato il perdurare di una condizione di elevata eutrofia lungo tutta la costa anche al largo, con valori di clorofilla elevati (Figura 24). L'analisi al microscopio dei campioni di acque marina prelevati durante le attività di controllo hanno rilevato ancora la presenza della specie *Chaetoceros socialis* che contribuiva a mantenere bassa la trasparenza e a conferire alle acque una colorazione caratteristica tendente al rosso (Figura 25).

I valori di salinità bassi durante i controlli confermavano il perdurare di apporti di acque dolci sia dai fiumi che dal bacino padano. In alcune stazioni localizzate nell'area più a sud della costa si sono rilevate salinità basse anche a livello del fondo (Figura 26).

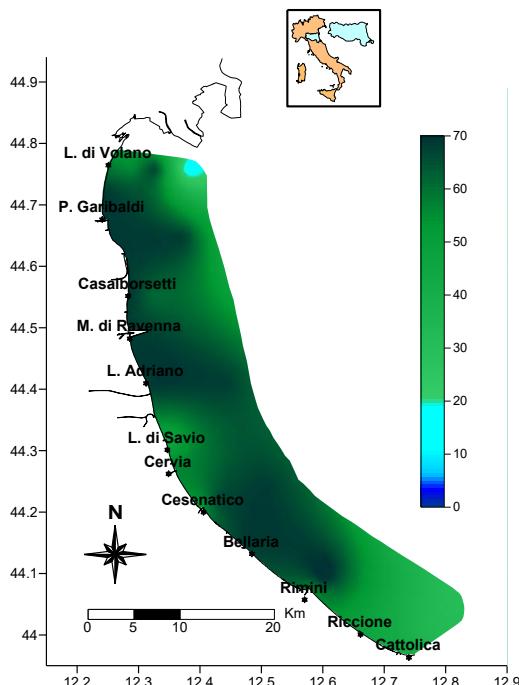
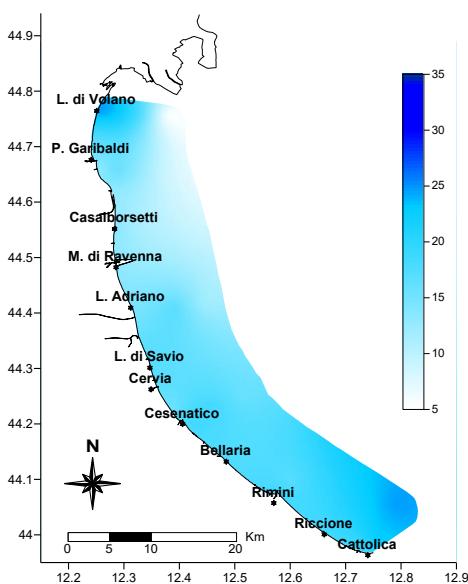


Figura 24 – Mappa di distribuzione della clorofilla “a” in superficie fino a 10 km al largo: 4-5 novembre



Figura 25 – *Chaetoceceros socialis* al microscopio elettronico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Salinità SUP



Salinità FON

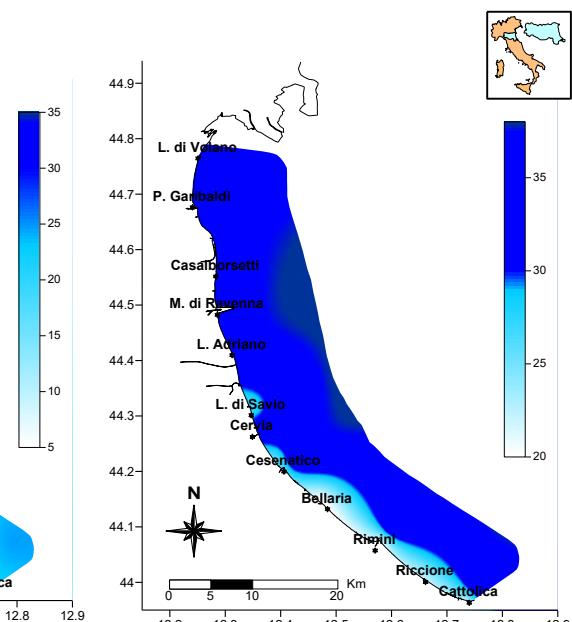
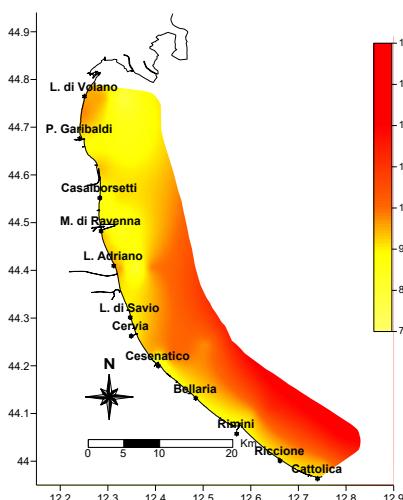


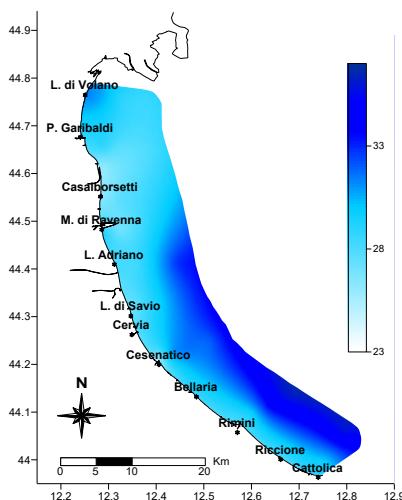
Figura 26 – Mappe di distribuzione della salinità (psu) in superficie e sul fondo fino a 10 km al largo: 4-5 novembre

Nell'ultimo monitoraggio del 2024 si è evidenziata una buona condizione ambientale dell'ecosistema marino lungo tutta la costa, con salinità medio alte e valori bassi degli indici trofici (Figura 27). Le temperature delle acque in superficie, più basse in costa e nell'area settentrionale, rimanevano comprese tra 7 e 14°C.

Temperatura



Salinità



Clorofilla "a"

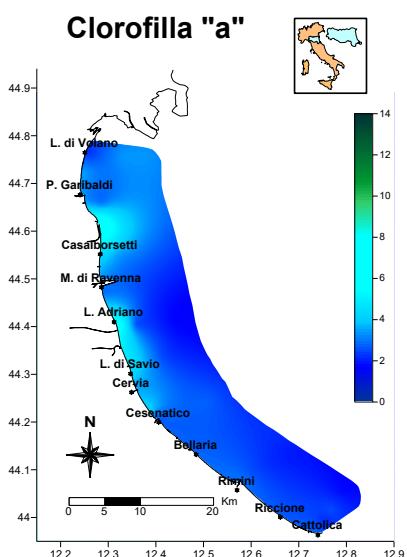


Figura 27 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) in superficie fino a 10 km al largo: 16-17 dicembre

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione del Bollettino (Figura 28) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo per la consultazione:

<https://www.arpaee.it/it/temi-ambientali/mare>

Il Bollettino rappresenta una sintesi delle condizioni rilevate durante i controlli eseguiti con la Motonave Daphne II lungo tutta la costa antistante l'Emilia-Romagna ed è composto da

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- mappe tematiche di distribuzione dei parametri temperatura, salinità, trasparenza e clorofilla "a" nelle acque di superficie e ossigeno dissolto sul fondo (Figura 30) e consultabili tramite menu a tendina (Figura 29);
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno dissolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica);
- versione bollettino stampabile in pdf (Figura 28).
-

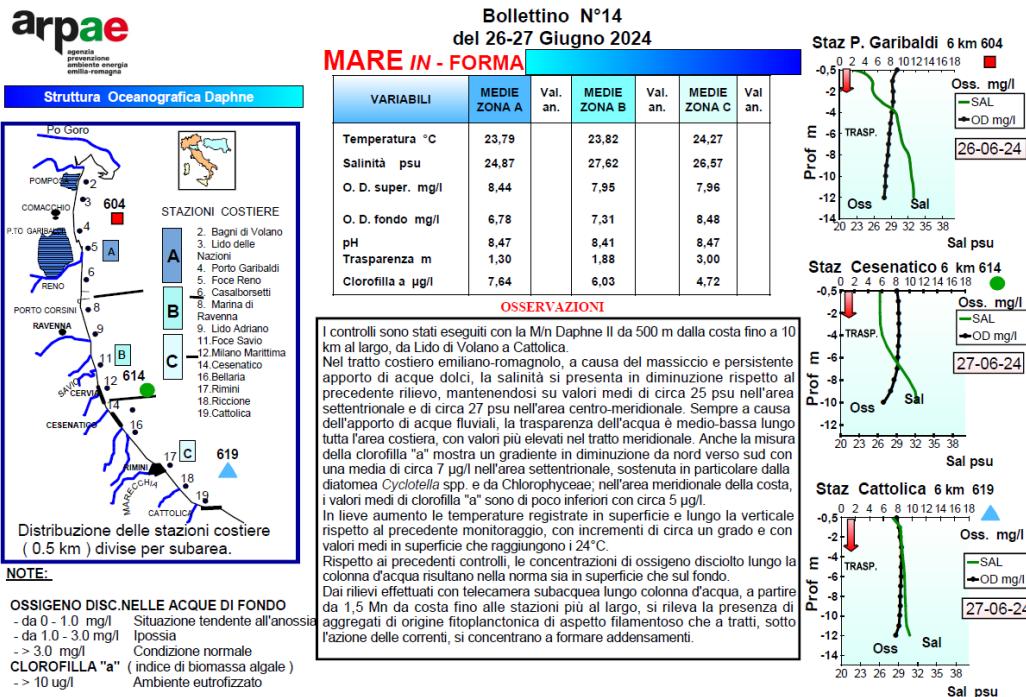


Figura 28 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio versione pdf

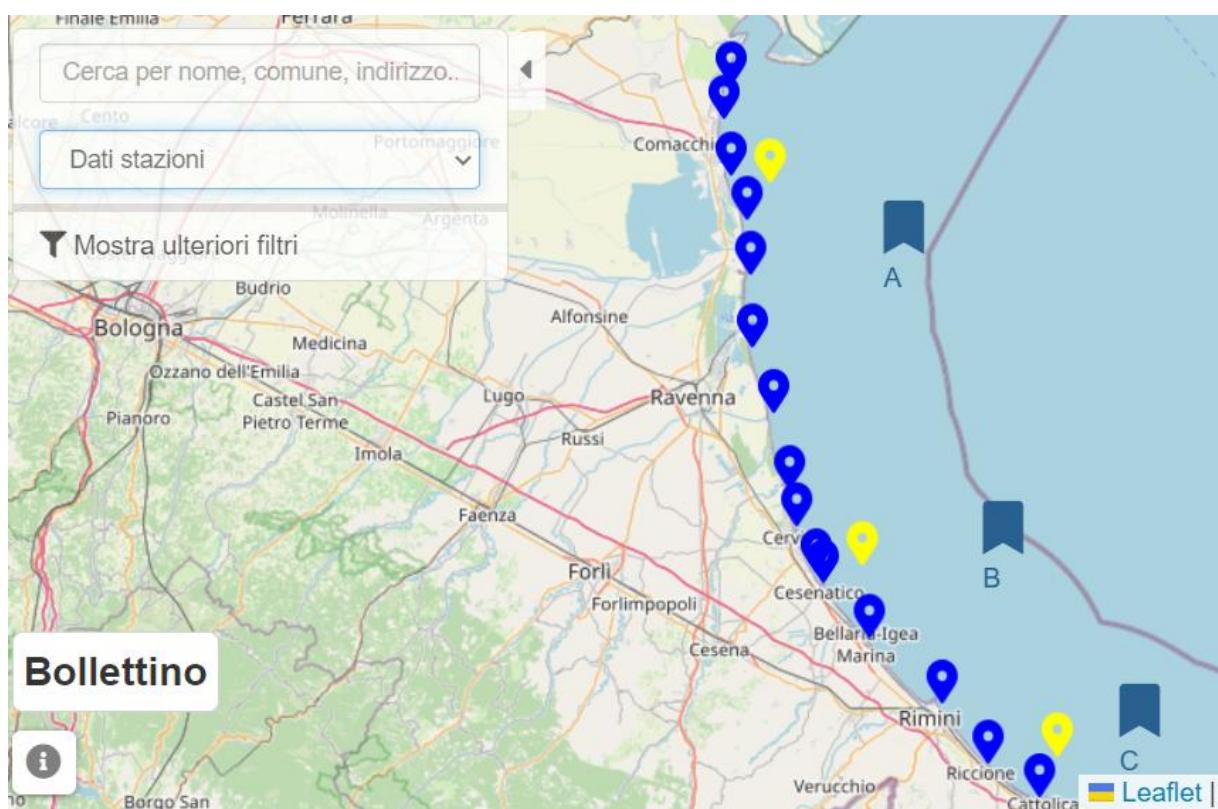


Figura 29 – Esempio di rappresentazione dati consultabili sul sito

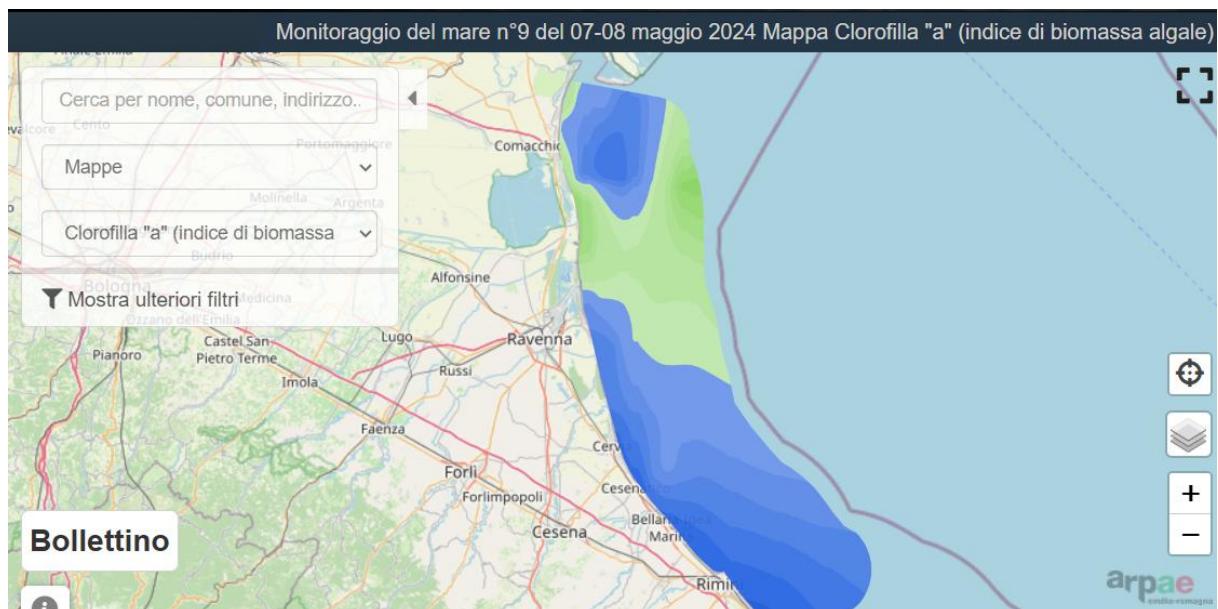


Figura 30 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

Le temperature nelle acque superficiali anche nel 2024 mostra un andamento sinusoidale con minimi durante le stagioni fredde e i massimi in estate. Nel 2024 le temperature più basse, nelle acque marine superficiali, sono state rilevate durante i campionamenti di fine gennaio e inizio febbraio con valori al di sotto dei 7°C variabili tra 6.34°C, valore minimo assoluto del 2024, misurato il 22 gennaio alla stazione 306 (3 km davanti a Casalborsetti) e 6.92°C rilevato alla stazione 9 (0.5 km davanti a Lido Adriano) il 05 febbraio.

Le temperature più elevate hanno raggiunto valori superiori ai 31°C in diverse stazioni durante i controlli del 12 agosto come a Lido di Volano con 31.25°C, davanti alla foce del fiume Reno (31.14°C) e a Casalborsetti (31.38°C) (Figura 34). Nel corso dello stesso monitoraggio sono stati rilevati altri valori intorno ai 30°C in diverse stazioni, non solo in prossimità della costa, ma anche al largo in particolare nell'area più settentrionale come alla stazione 1002 con 30.71°C e alla stazione 1004 con 30.11°C.

Gli istogrammi di Figura 31 con i valori medi stagionali di temperatura misurate come sempre in superficie in alcune stazione costiere, evidenziano, valori più alti in estate (media più elevata nella stazione 2 con 28.78°C) e più bassi in inverno (valore medio più basso 9.34°C a Cesenatico). Si osserva un leggero trend nord sud in inverno ed estate.

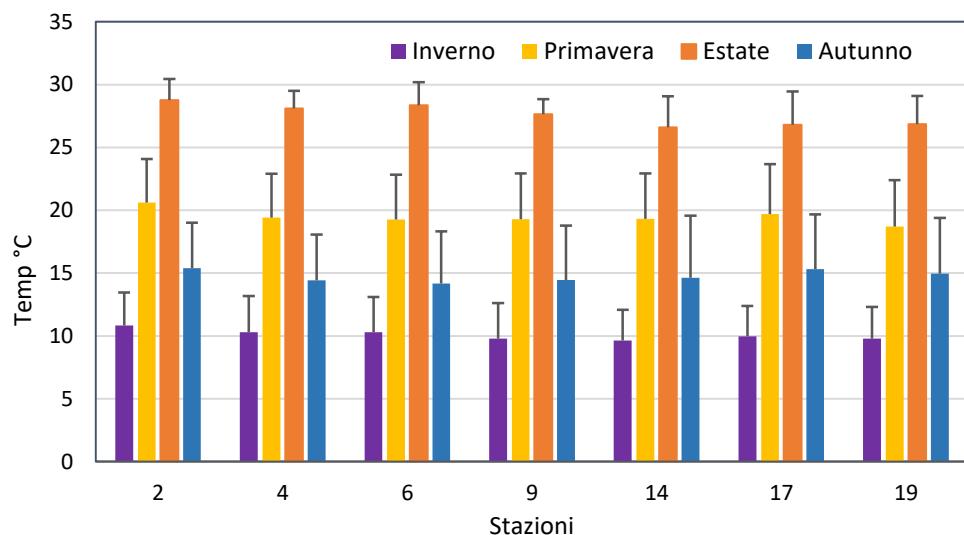


Figura 31 – Valori medi stagionali e deviazione standard delle temperature in superficie in stazioni localizzate a 0.5 km dalla costa

L'andamento delle temperature medie stagionali del 2024 rispetto al 2023 mostra una situazione in linea in inverno, valori medi più bassi in primavera, in particolare nelle stazioni più meridionali della costa (stazione 19 valore medio del 2023 pari a

21.9°C contro i 18.7 °C del 2024 con una differenza di -3.2°C). Il confronto con la stagione estiva ha visto un incremento nel 2024 più marcato nelle stazioni a nord della costa in alcuni casi di 1.5°C (stazione 6 valore medio del 2023 pari a 26.9°C contro i 28.4 °C del 2024); in autunno, al contrario, si rileva un decremento delle temperature che rimangono comprese tra 14.18 e 15.38°C, superiori alla media climatologica del periodo, correlate a temperature esterne elevate fino alla fine di novembre.

Le medie annuali lungo transetti, con stazioni posizionate da 0.5 a 20 km al largo (Figura 32), registrano un trend crescente nelle stazioni davanti a Lido Adriano e Cattolica mentre lungo il transetto di Lido di Volano si nota una situazione opposta. Lungo i transetti di Porto Garibaldi (4) e Cesenatico (14) le temperature rimangono simili fino a 10 km; nelle stazioni più distanti, a 20 km, si osserva una diminuzione più accentuata a Porto Garibaldi (2004) rispetto alla stazione 2014 (Cesenatico) con un valore medio di 17.6°C inferiore di circa 1°C rispetto alla media del 2023 (18.7°C).

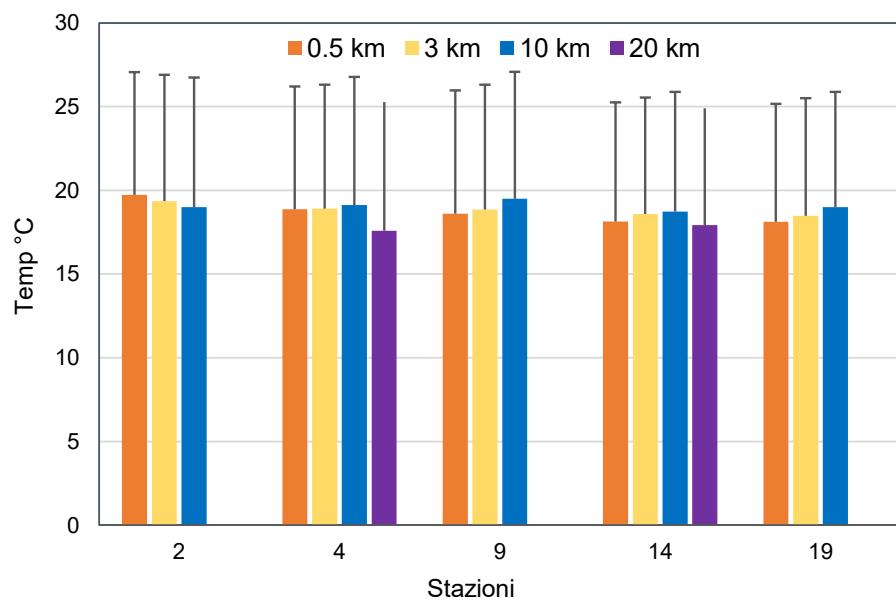


Figura 32 – Valori medi annuali e deviazione standard delle temperature in superficie lungo alcuni transetti da 0.5 a 20 km dalla costa

Anche nel 2024 le variazioni delle temperature nelle acque marine superficiali mantengono il classico andamento sinusoidale con un aumento graduale dopo l'inverno fino a raggiungere i valori più elevati in estate e poi seguito da un decremento fino a dicembre (Figura 33).

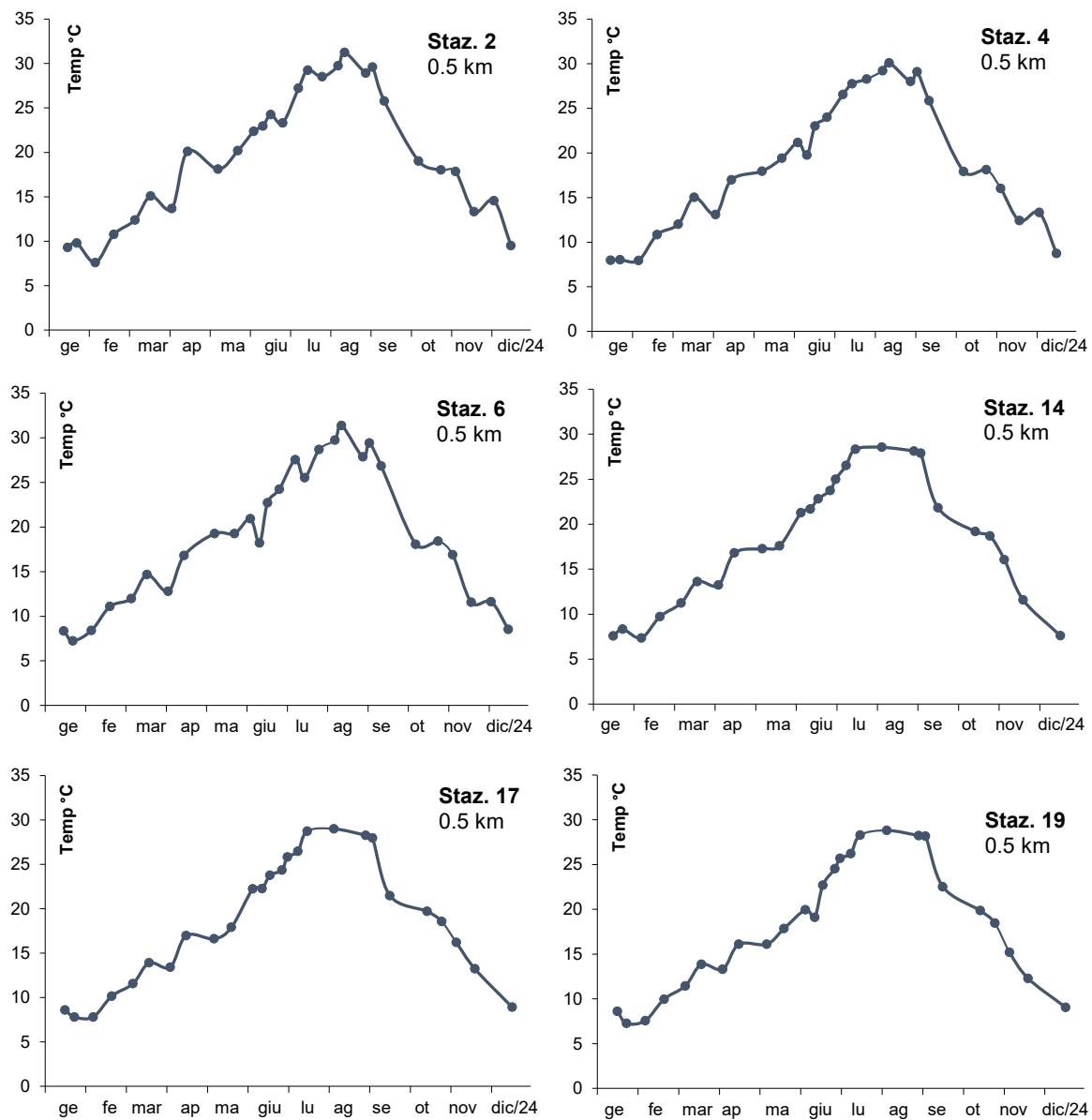


Figura 33 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Da luglio ad agosto si sono registrate le temperature esterne più elevate del 2024 che hanno contribuito al mantenimento di temperature alte anche nelle acque marine superficiali in molte stazioni lungo la costa e al largo. Nelle mappe di Figura 35 viene rappresentata la distribuzione in superficie dei valori di temperatura rilevati durante i monitoraggi 15-16 luglio, 5-7 agosto e 2-3 settembre fino a 10 km al largo. Durante i controlli di inizio agosto le temperature in superficie hanno registrato valori compresi tra 28.5 e 30.1°C.

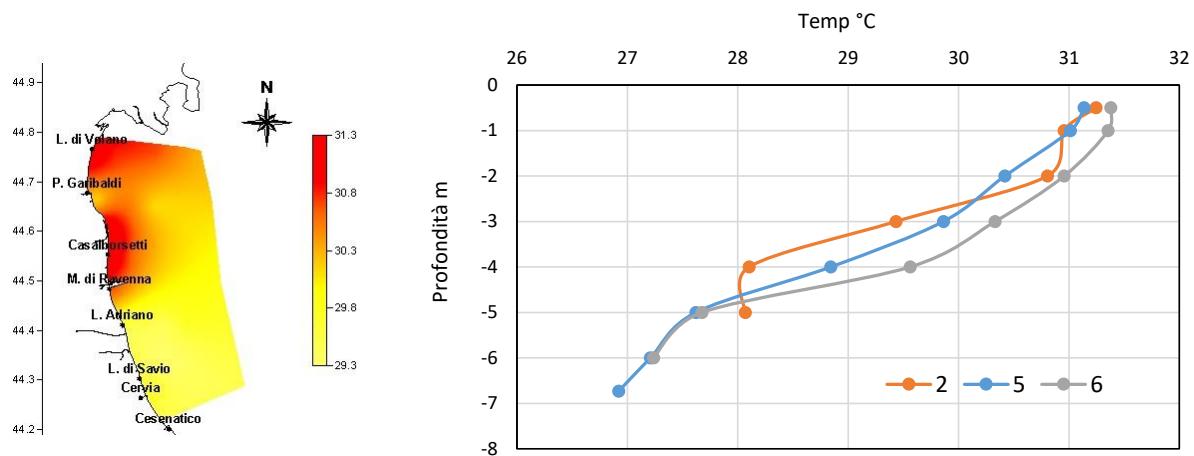


Figura 34 – A) Mappe di distribuzione della temperatura: 12 agosto; B) profili di temperatura eseguiti nelle stazioni a 0.5 km davanti a L. di Volano, Foce Reno e Casalborsetti: 12 agosto

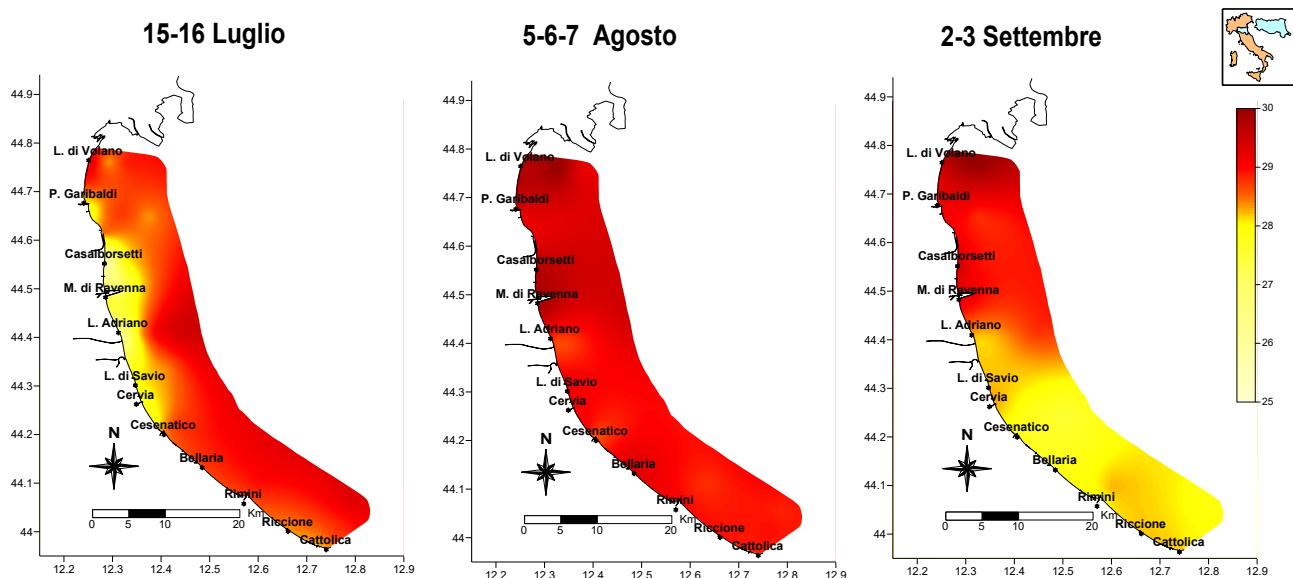


Figura 35 – Mappe di distribuzione della temperatura (°C) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo durante alcuni monitoraggi di Luglio, Agosto e Settembre 2024

L'andamento delle temperature sul fondo segue anch'esso un trend sinusoidale con variazioni più contenute (Figura 36). In autunno e inverno i valori risultano più alti sul fondo rispetto alle temperature di superficie, mentre in estate la differenza tra superficie e fondo è più evidente nelle stazioni più lontane dalla costa, come quelle a 20 km con profondità maggiori dove si riscontrano nette stratificazioni termiche. Termoclini significativi sono stati registrati durante i controlli del 5-7 agosto e 2-3 settembre con valori ad agosto di 29.5°C (sup) e 17.5°C (fon) nella stazione 2004 e 28.85°C (sup) e 17.8°C (fon) nella stazione 2014 (Figura 37) e a settembre valori di

29.07°C (sup) e 17.7°C (fon) nella stazione 2004 e 28.02°C (sup) e 18.5°C (fon) nella stazione 2014.

Nelle stazioni più vicine alla costa i termoclini risultano meno accentuati e a volte assenti come nella stazione 314, a 3 km davanti a Cesenatico dove, durante il monitoraggio del 5 agosto, le temperature di superficie e fondo erano rispettivamente di 28.7 e 28.3 °C.

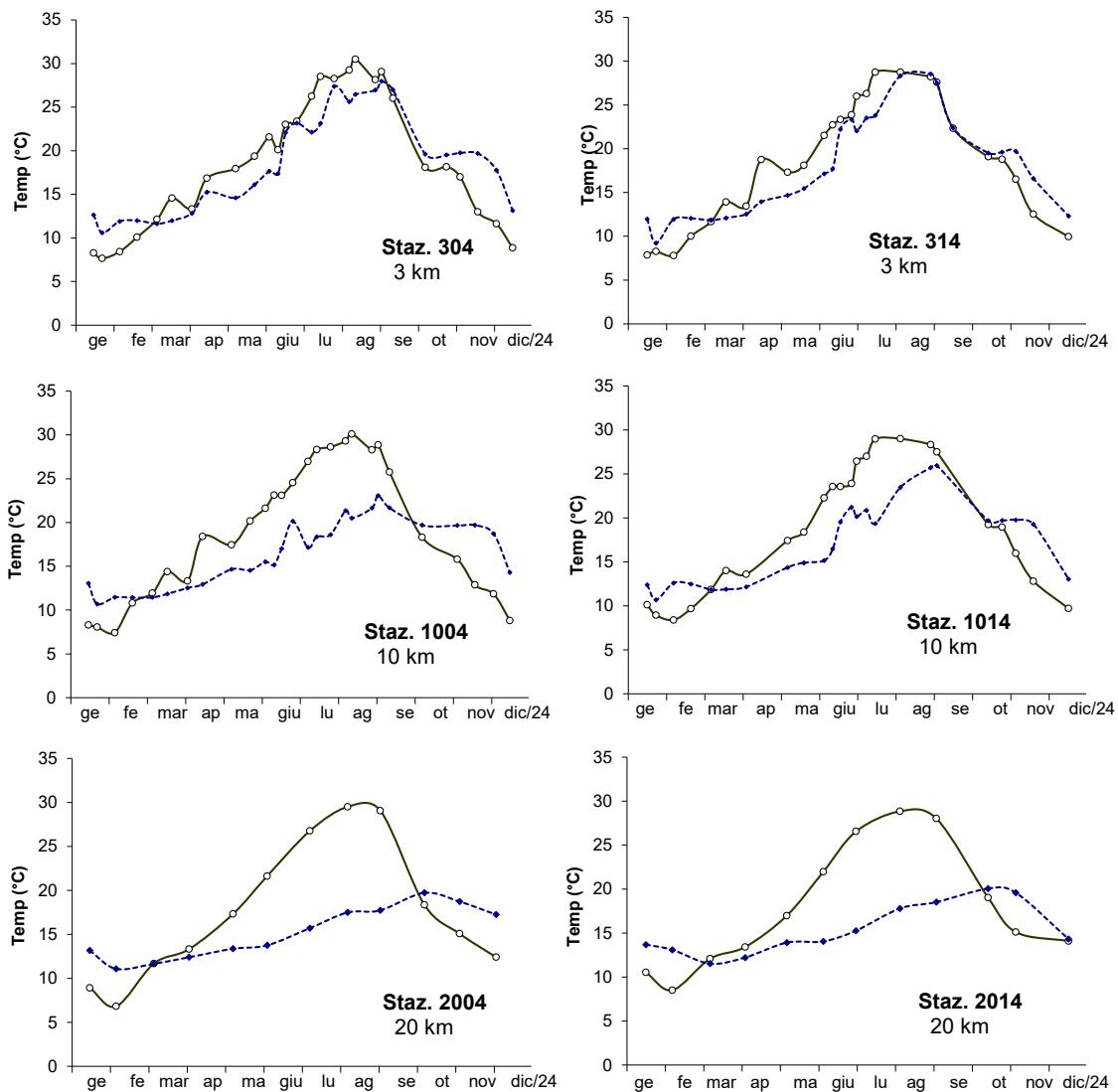


Figura 36 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

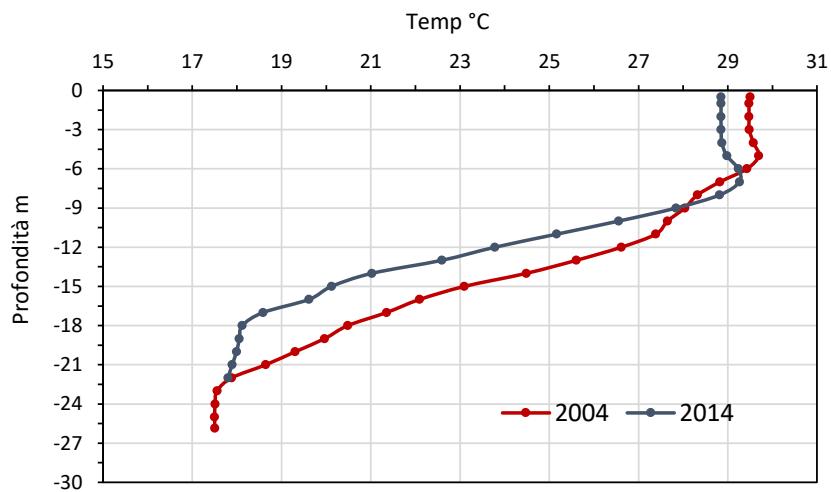


Figura 37 – Profili di temperatura eseguiti nella stazione 2004 e 2014: 5-7 agosto

Le isoline in (Figura 38) mostrano le fluttuazioni dei valori di temperatura lungo la verticale nelle stazioni a 10 e 20 km dalla costa evidenziando sia i momenti di stratificazione che di omogeneizzazione delle masse d'acqua. Dal grafico si evidenzia il perdurare di temperature comprese tra 15 e 19°C lungo la colonna d'acqua fino a ottobre inizio novembre.

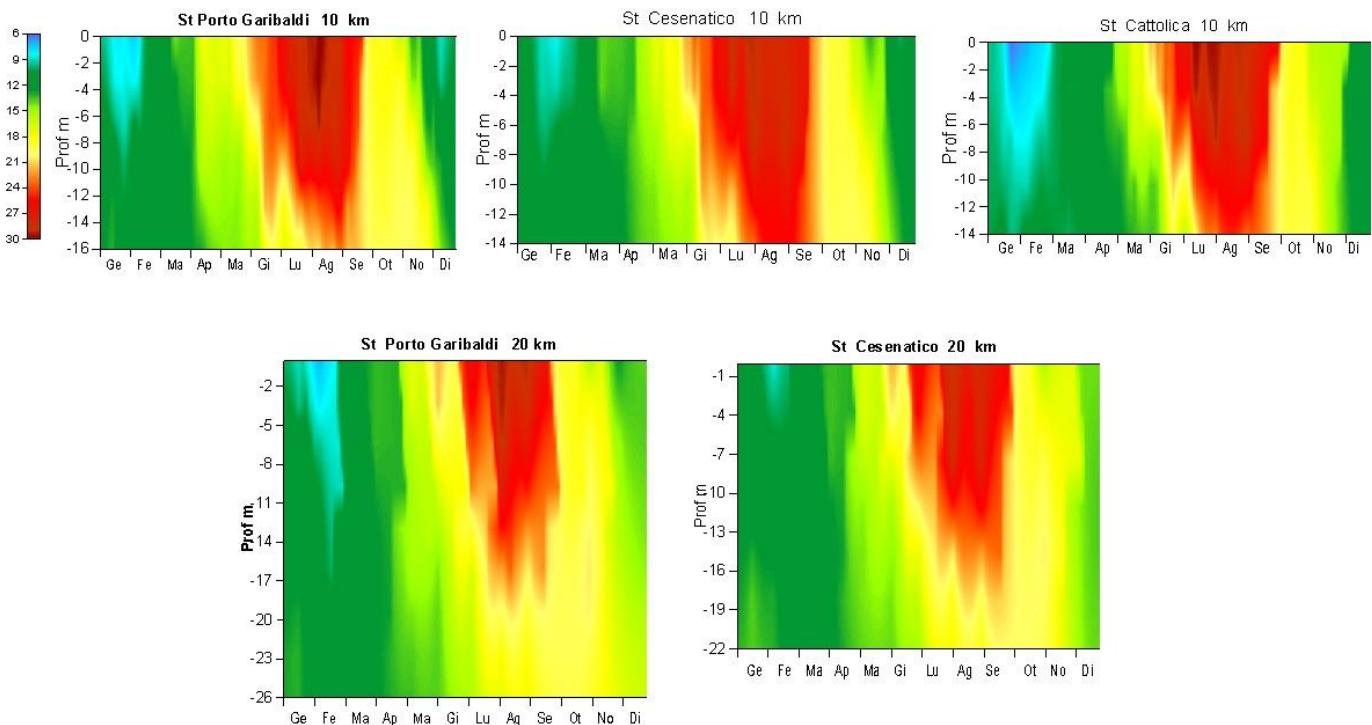


Figura 38 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 e 20 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

4.3.1.b Salinità

Il 2024 è stato un anno estremamente piovoso con precipitazioni diffuse su tutto il territorio e durante quasi tutto l'anno. Un apporto rilevante ai valori di precipitazioni elevati, rispetto a quelli misurati gli anni passati, è da attribuire ai due eventi eccezionali verificatisi a settembre nelle giornate dell'8, 17 e 19 e a ottobre dal 19-20. Come successo anche nel 2023, questi fenomeni si sono caratterizzati per intense piogge cadute in poco tempo che hanno portato ad un aumento repentino delle portate di molti fiumi provocando in alcuni casi esondazioni e rotture di argini. L'incremento di portata dai bacini costieri regionali e contemporaneamente anche da quello padano, ha contribuito all'immissione di enormi quantità di acque dolci che hanno indotto una forte diluizione delle acque marine di superficie. Questo ha contribuito al cambiamento della qualità ambientale lungo la costa nel corso dell'anno.

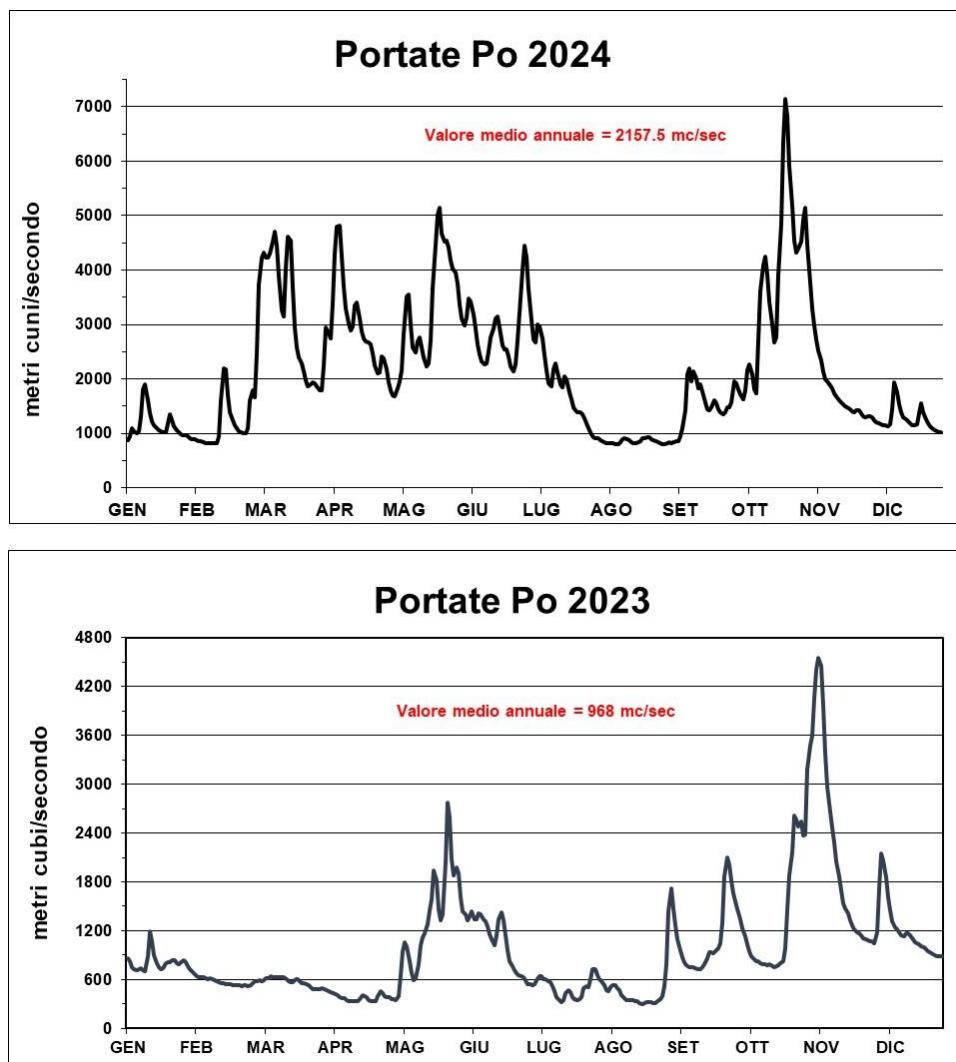


Figura 39 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2024 e 2023 (Fonte: ARPAE SIMC)

L'andamento delle portate del Po, misurate a Pontelagoscuro nel 2024, a confronto con quelle del 2023, oltre a sottolineare la netta differenza nel valore medio annuale pari a 2157.5 mc/sec contro i 968 mc/sec dell'anno precedente, mostra flussi superiori ai 2000 mc/sec da marzo a giugno e ad ottobre (Figura 39). Nel mese di ottobre si sono misurate le portate più alte con un massimo il giorno 22 pari a 7142 mc/sec. La media annuale rispetto alle medie annuali calcolate dal 1982 (Figura 40) confermano un valore elevato di poco secondo a quello più alto calcolato nel 2014 di 2378 mc/sec.

Le medie mensili stimate nel 2024 a paragone di quelle calcolate su lungo periodo 1917-2023 rappresentate in Figura 41, mettono in evidenza valori decisamente più elevati da marzo a giugno con una differenza positiva ancora più netta ad ottobre. Il mese di agosto si conferma il momento dell'anno con gli apporti minori strettamente correlati a precipitazioni scarse o assenti.

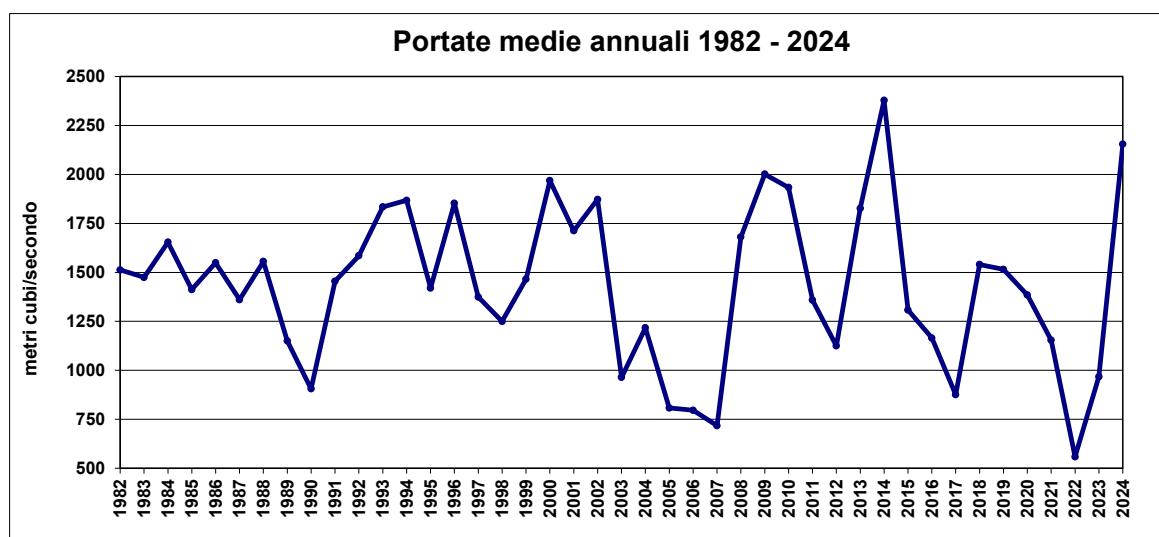


Figura 40 – Valori medi di portata del Po rilevata a Pontelagoscuro (FE) del 1982 al 2024

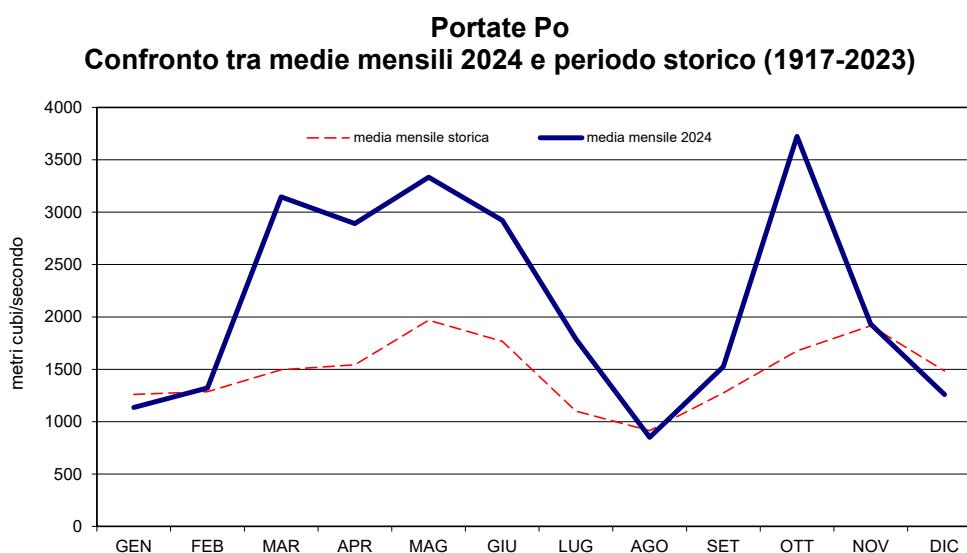


Figura 41 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2024 (linea continua) e nel periodo storico 1917-2023 (linea tratteggiata)

L'andamento temporale dei valori di salinità misurati in superficie in alcune stazioni a 0.5 km della costa (Figura 42), mostra un'elevata variabilità strettamente correlata alle precipitazioni e alle variazioni delle portate dei fiumi regionali. Fluttuazioni più ampie si notano nelle stazioni posizionate più nord rispetto a quelle meridionali ma in tutte si evidenzia l'eccezionalità dei valori bassi a ottobre e novembre correlati all'evento alluvionale citato precedentemente.

Intense precipitazioni sul territorio regionale si sono verificate anche a fine febbraio inizio marzo e a maggio, contribuendo anche in questi periodi ad incrementare le portate dei fiumi con aumento delle immissioni in mare di acque dolci e diluizione di quelle marine prevalentemente nei primi metri lungo la colonna d'acqua.

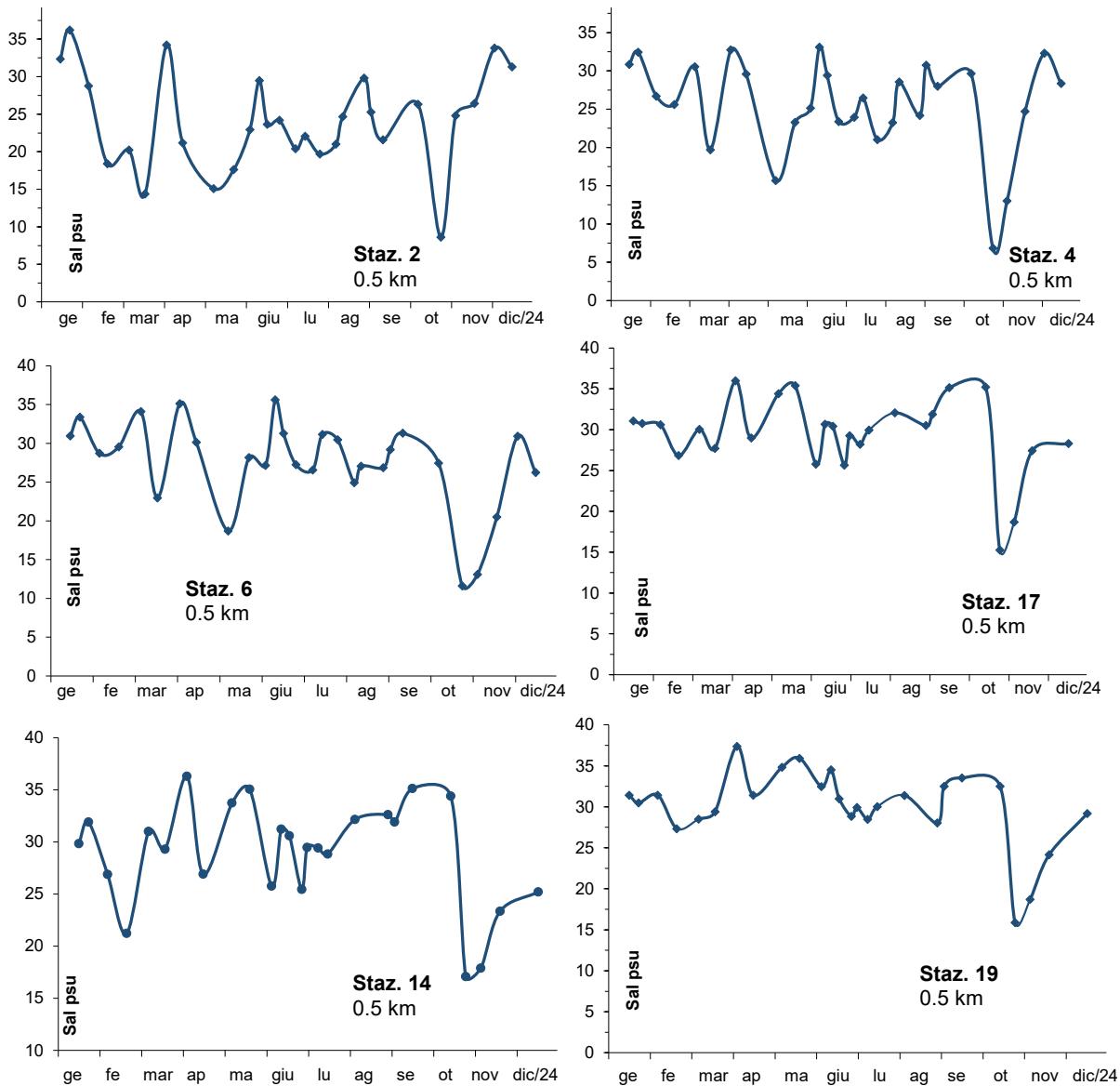


Figura 42 – Andamento temporale della salinità in superficie in alcune stazioni lungo a costa a 0.5 km di distanza

Le variazioni della salinità sul fondo mostrano una tendenza diversa rispetto a quella vista per le acque di superficie con fluttuazioni minime a conferma una maggior stabilità della colonna negli ultimi strati sia lungo il transetto di Porto Garibaldi che di Cesenatico, dai 3 km fino ai 20 km al largo della costa (Figura 44).

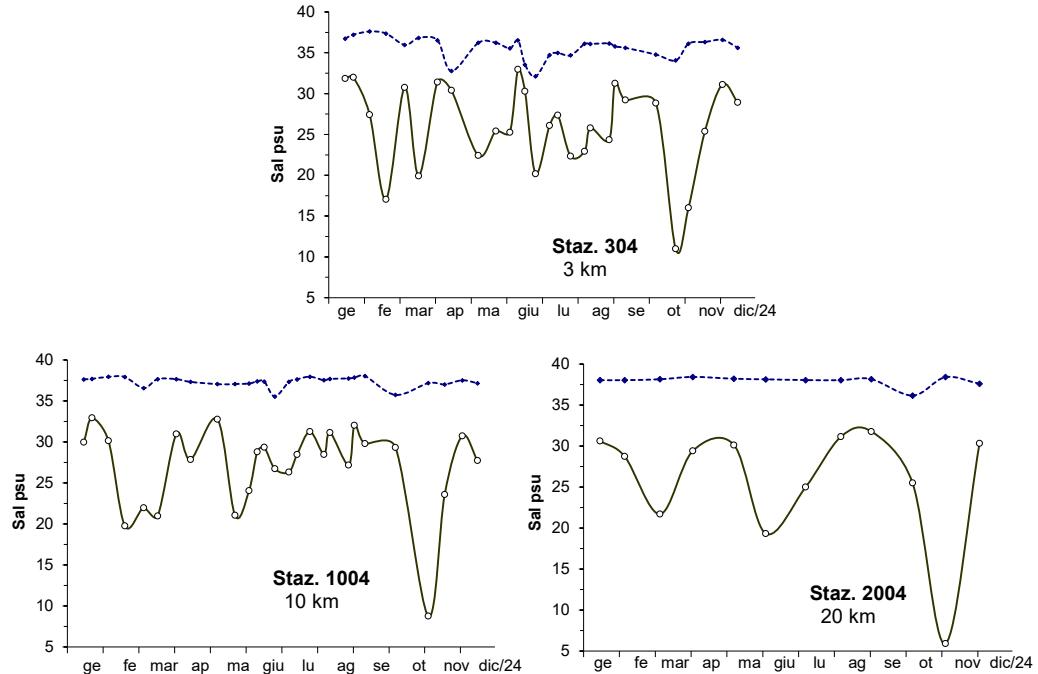


Figura 43 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Porto Garibaldi

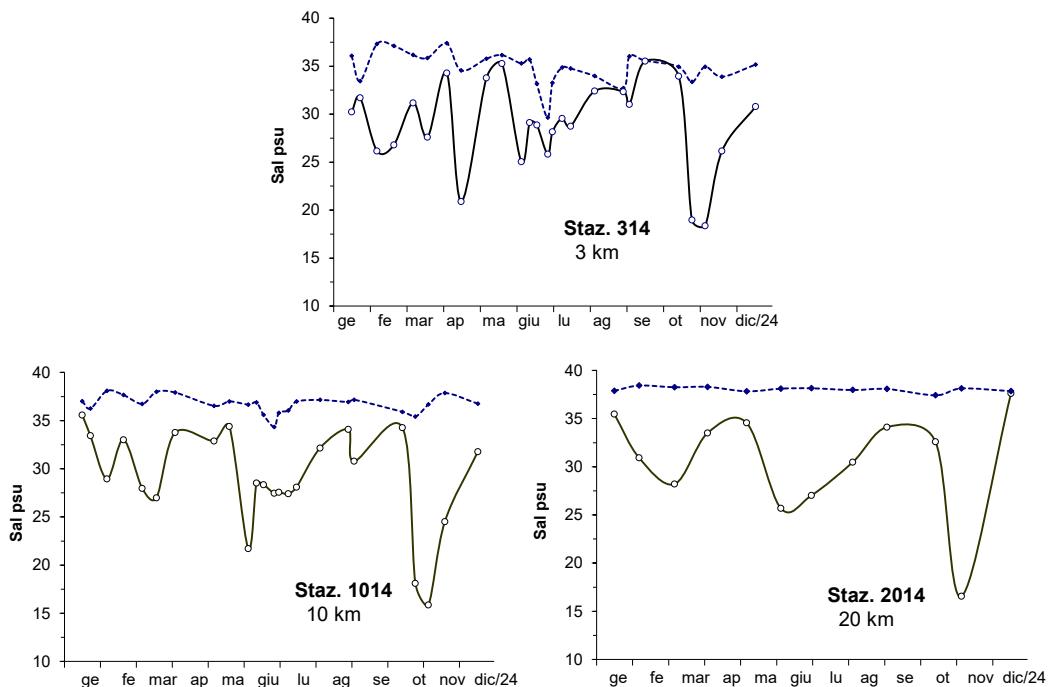


Figura 44 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Cesenatico

L'elaborazione delle medie annuali, calcolate nelle stazioni in alcuni transetti della rete di monitoraggio rappresentate in Figura 45, evidenziano un trend crescente nord sud e costa largo più evidente nei transetti 9 e 19. Il confronto con i dati del 2023 sottolinea una diminuzione netta dei valori in tutte le stazioni anche in quelle più lontane della costa. Ad esempio nella stazione 2004, a 20 km davanti a Porto Garibaldi, nel 2024 il valore medio si è attestato intorno ai 25.8 psu contro i 33.9 psu del 2023, nella stazione 2014 davanti a Cesenatico, 30.6 psu inferiore ai 34.7 psu calcolati l'anno precedente. Questa diminuzione è strettamente legata all'incremento delle portate dei fiumi dai bacini regionali e da quello padano che si è registrato nel corso di tutto il 2024. Lungo il transetto 2, davanti a Lido di Volano, si confermano valori bassi in tutte le stazioni, compresi tra 24 e 24.7 psu. Questa area da sempre è la zona più soggetta a cambiamenti nella qualità ambientale delle acque marine, in particolare per quanto riguarda i livelli di salinità, poiché è direttamente influenzata dal comportamento delle portate dal bacino del Po.

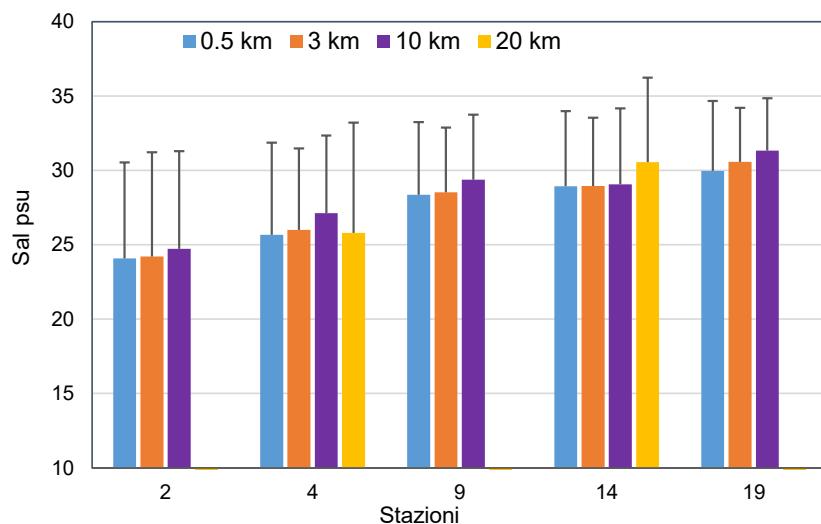


Figura 45 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità (psu) nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La variazione stagionale della salinità, sempre nelle acque di superficie, registra valori significativamente bassi in tutte le stazioni durante l'autunno, un fenomeno strettamente legato alle elevate portate registrate dai fiumi costieri e in particolare dal fiume Po. Un'eccezione è rappresentata dalla stazione 2, situata a 0,5 km da Lido di Volano, nella parte più settentrionale della costa, dove le medie autunnali si avvicinano a quelle invernali, mentre in primavera e in estate i valori risultano più bassi e nettamente inferiori a confronto con i valori calcolati nelle altre stazioni. Rispetto al 2023 i dati risultano inferiori in correlazione alle portate più elevate registrate nel 2024 dai bacini costieri regionali e dal Po che hanno immesso quantità considerevoli di acque dolci e che hanno influito sulle acque marine in particolare nei primi strati della colonna d'acqua condizionando la qualità ambientale dell'ecosistema costiero (Figura 46).

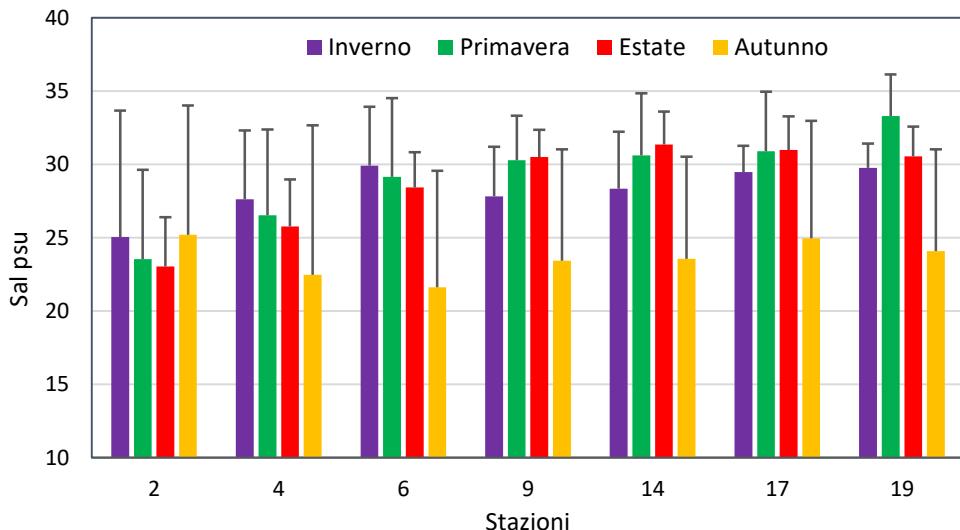


Figura 46 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità in superficie calcolati in alcune stazioni costiere

Profili di salinità lungo la colonna durante il monitoraggio del 24-25 ottobre mostrano valori bassi sia a Lido di Volano, a nord della costa, che a Cattolica localizzata nella parte più meridionale (Figura 47). Nella stazione 19 si osservano valori di salinità inferiori a 30 psu anche negli ultimi strati della colonna d'acqua a conferma di una condizione di diluizione diffusa.

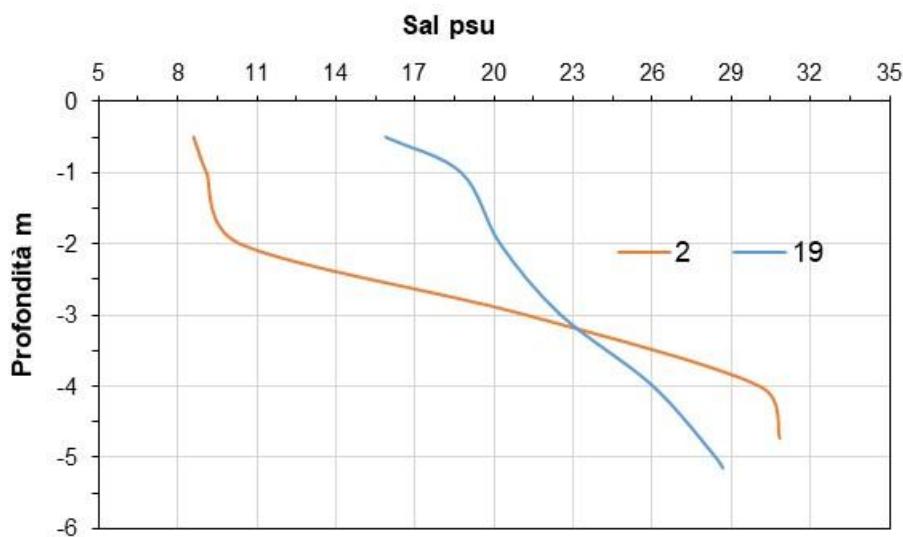


Figura 47 – Profili di salinità (psu) rilevati nelle stazioni 2 e 19: 24-25 ottobre

Le isoline di Figura 48 mostrano l'andamento annuale della salinità lungo la verticale nelle stazioni a 10 e 20 km evidenziando la formazione di stratificazioni più o meno marcate, con acque a differente densità. Anche nelle stazioni più al largo si sono misurate salinità basse conseguentemente ad eccezionali flussi di acque dolci dall'entroterra provenienti dai bacini regionali ma anche e soprattutto da quello padano.

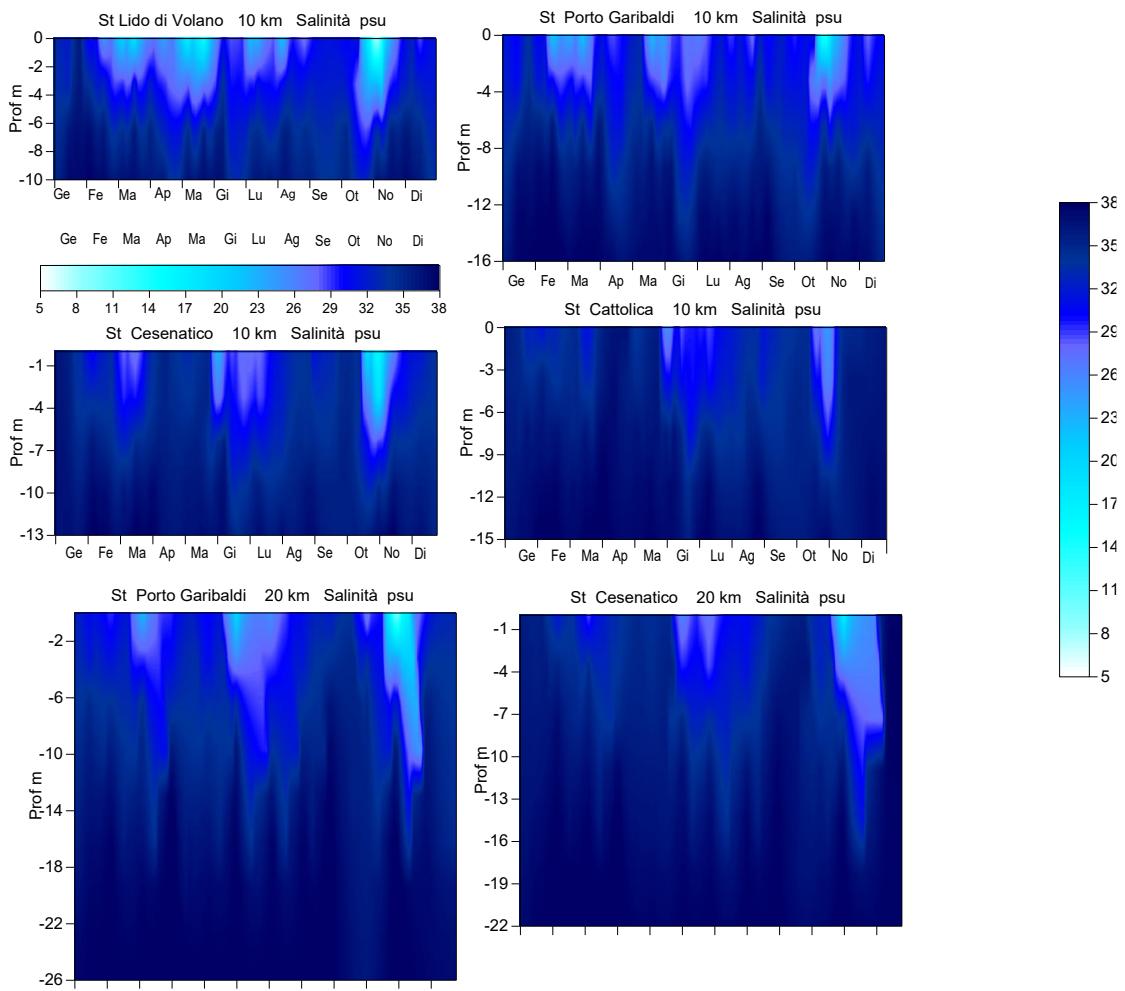


Figura 48 – Isolinee di distribuzione della salinità (psu) nelle stazioni a 10 e 20 km durante il 2024

Nei profili eseguiti con la sonda multiparametrica, proprio nelle stazioni a 20 km davanti a Porto Garibaldi e Cesenatico, durante i controlli del 4 e 5 novembre (Figura 49) si è rilevata una condizione particolare con valori estremamente bassi di salinità nei primi tre metri della colonna d'acqua. Le portate eccezionali dal Po in particolare, hanno riversato in mare quantità elevate di acque dolci che con la corrente si sono spostate verso sud.

Nella Figura 50 sono rappresentate le isoline della salinità lungo i transetti di Lido di Volano e Cattolica. Nel primo caso, si osservano salinità basse al largo, direttamente correlate alle acque dolci del Po, mentre a Cattolica, nella zona più meridionale, le salinità più basse in prossimità della costa rispetto a quelle al largo sono legate alle portate dei fiumi costieri regionali.

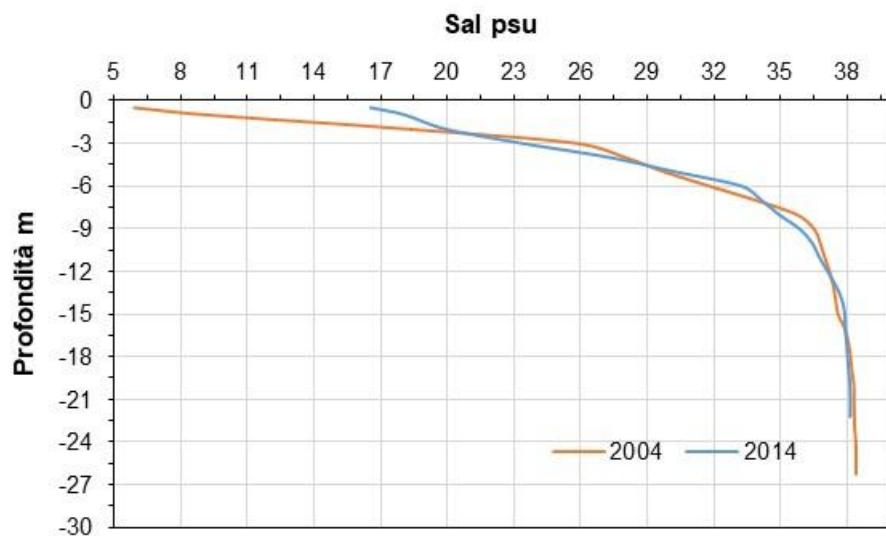


Figura 49 – Profili di salinità (psu) rilevati nelle stazioni 2004 e 2014: 4-5 novembre

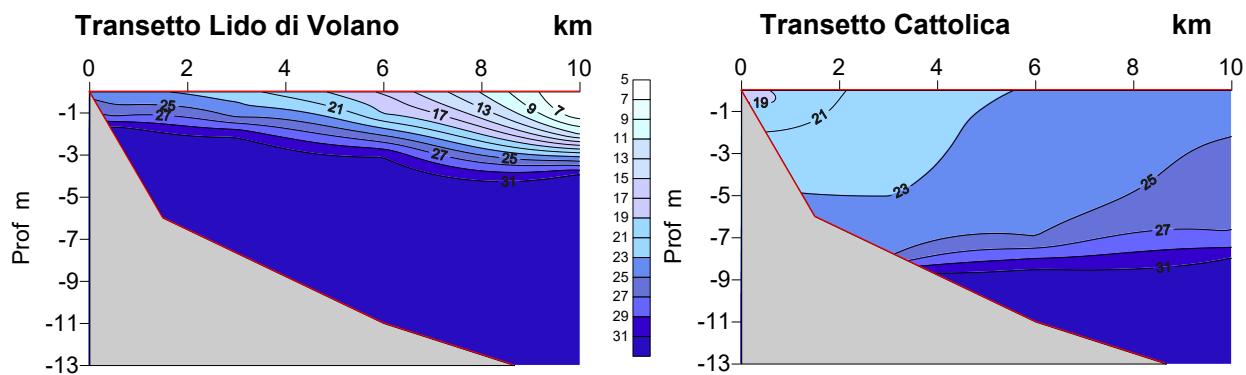


Figura 50 – Isolinee di salinità lungo i tranetti di Lido di Volano e di Cattolica: 4-5 novembre

4.3.1.c Ossigeno dissolto

L'ossigeno dissolto è un indicatore fondamentale della stato trofico e della qualità ambientale degli ecosistemi marini, poiché è strettamente legato alla presenza di fitoplancton, la biomassa autotrofa presente in sospensione lungo la colonna d'acqua. Le acque marine davanti all'Emilia-Romagna sono storicamente riconosciute come acque molto produttive perché soggette, in alcuni momenti, allo sviluppo di eventi eutrofici che possono variare in intensità durante l'anno. Quando questi eventi si prolungano e si estendono lungo la costa, specialmente in condizioni meteorologiche particolari, possono sorgere problematiche, in particolare sul fondale marino.

Nel corso delle fioriture eccezionali di microalghe, si osserva un aumento dell'ossigeno in superficie, grazie all'intensa attività fotosintetica delle alghe. Tuttavia, poco dopo, si verifica una diminuzione dell'ossigeno negli ultimi metri della colonna d'acqua causata dall'attività metabolica dei detritivori. Questi decompongono la materia organica depositatasi accumulatasi sul fondo consumando l'ossigeno dissolto nel processo. Se questa diminuzione di ossigeno persiste, può portare a condizioni di ipossia e anossia alterando l'equilibrio delle comunità bentoniche e destabilizzando la vita sul fondo.

Situazioni critiche come queste possono spesso risolversi rapidamente grazie alle correnti marine e ai forti movimenti idrodinamici, che si verificano durante mareggiate intense o venti forti, che contribuiscono ad un efficace rimescolamento dell'intera colonna d'acqua.

Le fluttuazioni delle concentrazioni di ossigeno dissolto nelle acque marine, sia sul fondo che in superficie, come mostrato nella Figura 51, evidenziano variazioni più marcate nelle stazioni più vicine alla costa e una maggiore variabilità in superficie rispetto al fondo. I livelli elevati di ossigeno in superficie sono sempre associati ad alte concentrazioni della componente fitoplanctonica. Durante il 2024 si sono verificate frequenti fioriture di microalghe, che hanno incrementato la produttività dell'ecosistema, portando in alcuni momenti ad una positiva sovrassaturazione dell'ossigeno nei primi metri della colonna d'acqua. Al contrario, a livello del fondale, si sono registrate in momenti successivi diminuzioni della concentrazione: la componente microalgale, al termine del suo ciclo vitale, si deposita sul fondo, nutrendo gli organismi eterotrofi che vivono a stretto contatto con il sedimento marino, questa situazione provoca un aumento del consumo di ossigeno e, di conseguenza, una sua diminuzione in acqua.

L'analisi delle medie annuali delle concentrazioni di ossigeno alle due quote, superficie e fondo come illustrato nella Figura 52, conferma che i valori sono più elevati in superficie e più bassi sul fondo, sia nelle stazioni costiere che in quelle situate a 3 km dalla costa.

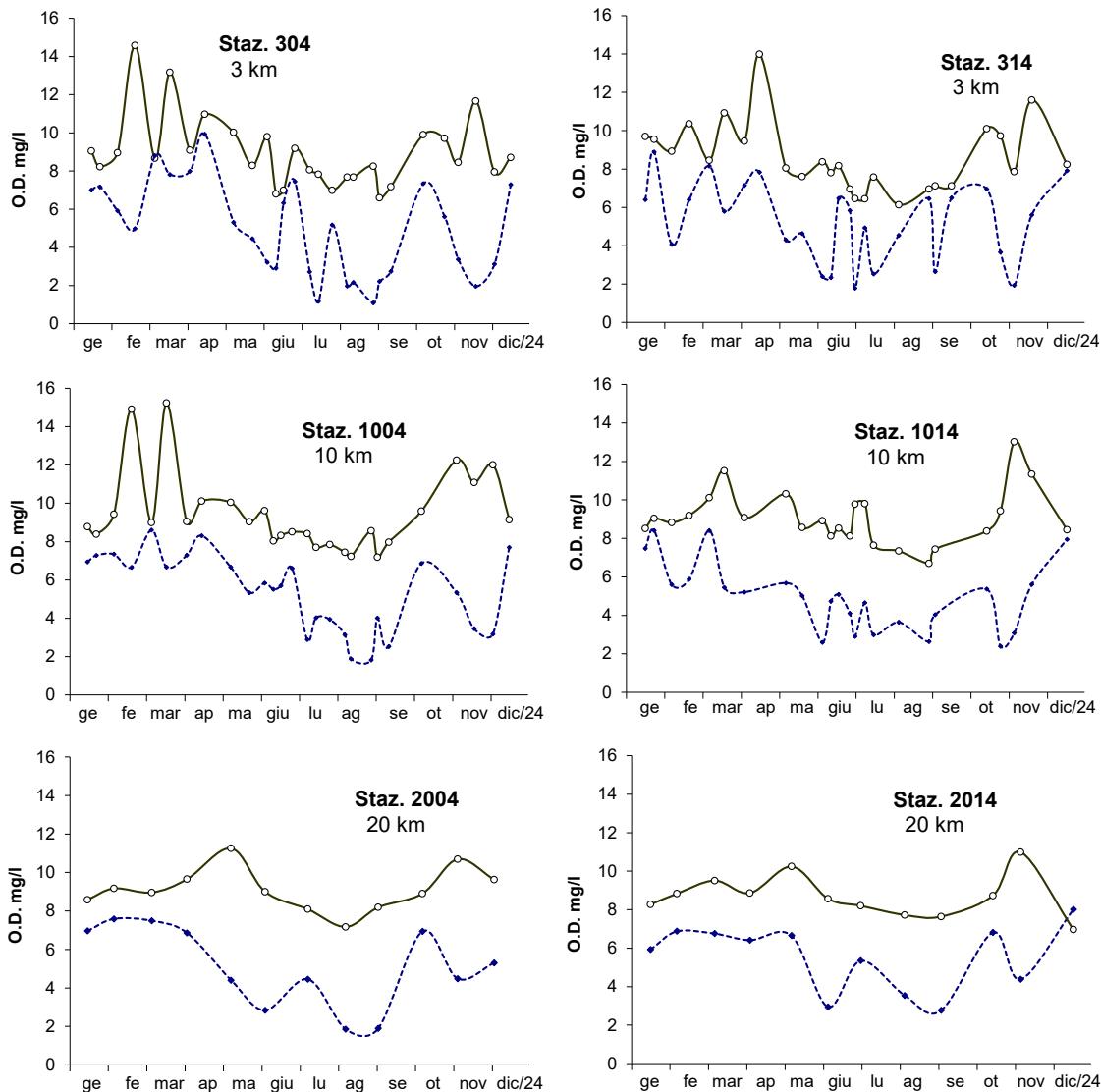


Figura 51 – Andamenti temporali dell'ossigeno dissolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico a 3, 10 e 20 km dalla costa

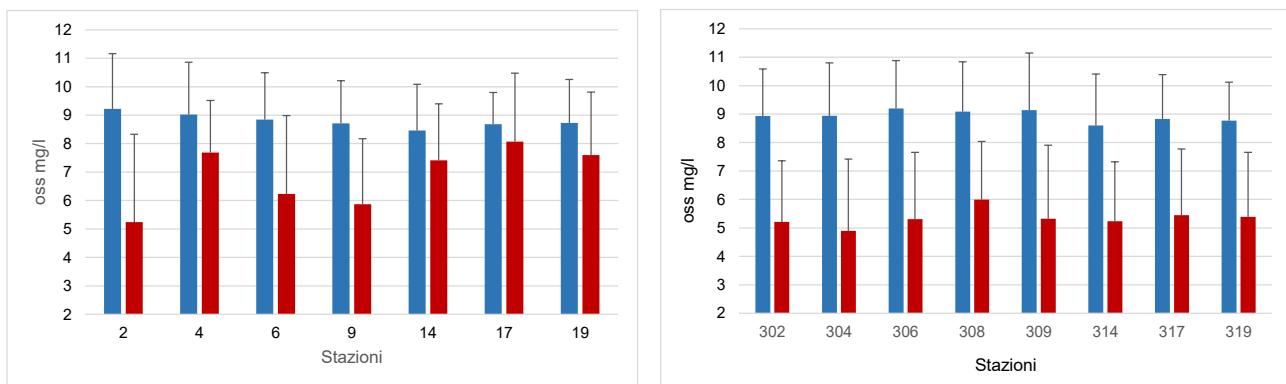


Figura 52 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ossigeno (mg/l) in alcune stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie e sul fondo

Nel corso del 2024 si sono registrati diversi momenti in cui le concentrazioni sul fondo scendevano al di sotto dei 3 mg/l, indicando condizioni tendenti all'ipossia e all'anossia. In particolare, durante i monitoraggi di fine agosto e inizio settembre (Figura 53), sono stati misurati valori bassi in diverse aree, sia costiere che al largo, con particolare attenzione all'area centro-settentrionale della costa.

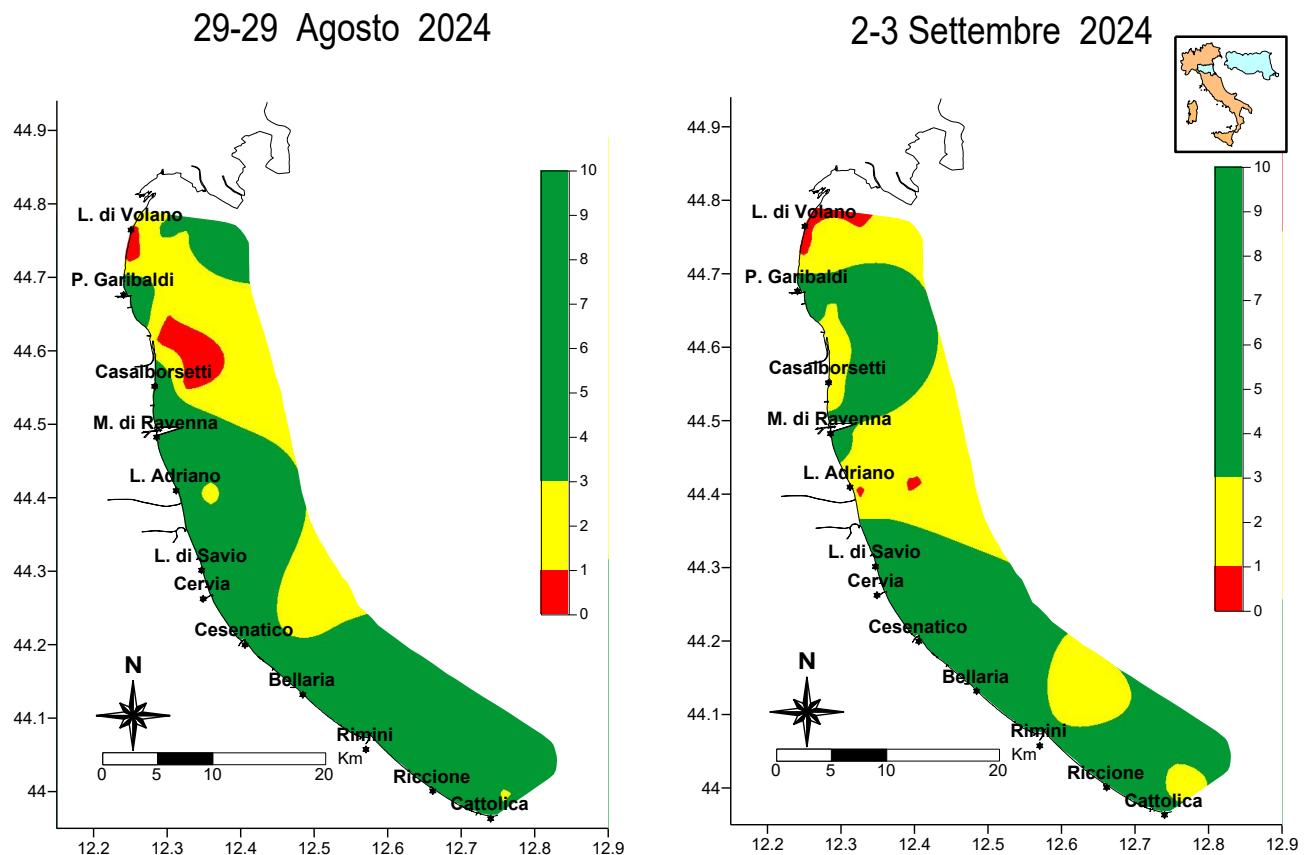


Figura 53 – Mappe di distribuzione dell'ossigeno dissolto sul fondo (mg/l): 28-29 agosto e 2-3 settembre

Anche a novembre, durante il monitoraggio del 18 e 19, sono state osservate basse concentrazioni di ossigeno nella parte più profonda della colonna d'acqua, specialmente nell'area settentrionale della costa (Figura 54 A).

I profili di Figura 54 B mostrano i dati di ossigeno e clorofilla "a" registrati durante i controlli nella stazione 3 (Lido di Volano): qui si evidenzia un progressivo decremento delle concentrazioni di ossigeno che a livello del fondo si attestano sotto a 1 mg/l, mentre in superficie rimangono alte correlate a concentrazioni medio alte di clorofilla "a".

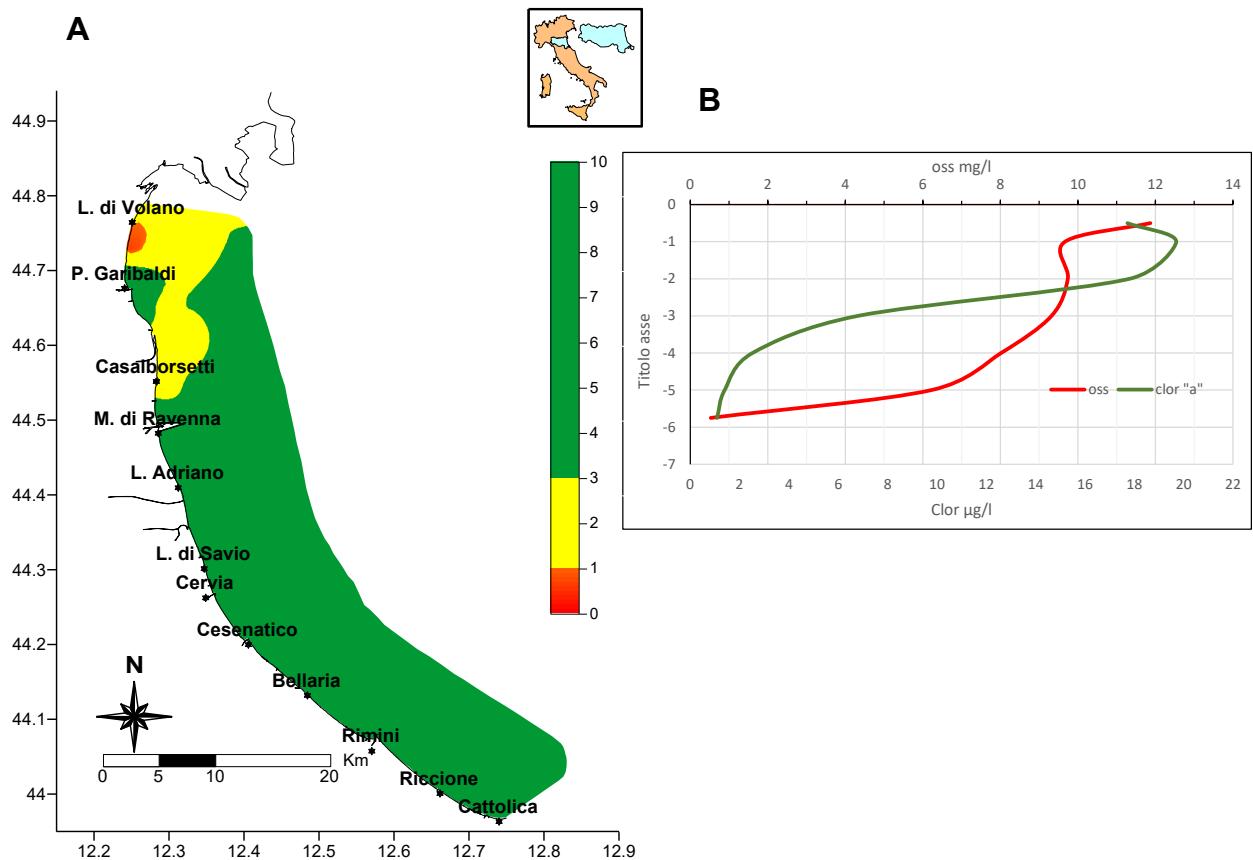


Figura 54 – A) Mappa di distribuzione dell'ossigeno dissolto sul fondo (mg/l) fino a 10 km al largo: 18-19 novembre; **B)** Profili di ossigeno e clorofilla "a" nella stazione 3 a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni

4.3.1.d Clorofilla “a”

La concentrazione di clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque. Viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica e rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema determinando il livello di eutrofizzazione delle acque. È una componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX e l'indice di torbidità TRBIX, entrambi applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema.

Il numero e l'ubicazione delle stazioni d'indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato (blooms algali) e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera.

Essendo la costa emiliano romagnola molto sensibile ai fenomeni eutrofici, il monitoraggio viene effettuato con frequenza elevata; l'indagine è quindicinale (1° e 3° settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il D.M. 260/10. Una maggior frequenza d'indagine, rispetto a quanto richiesto dal decreto, deriva da una maggior attenzione da parte dell'Agenzia e dalla necessità di monitorare al meglio le diverse fasi eutrofiche. L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna risultante dai dati acquisiti in trent'anni di monitoraggi, mostrano infatti una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal D.M. 260/10.

I grafici riportati nell'immagine di Figura 55 presentano l'andamento temporale della concentrazione di clorofilla “a” in superficie per le diverse stazioni di monitoraggio nel corso dell'anno 2024. Si osservano picchi marcati in specifici periodi dell'anno, sia nelle stazioni costiere sia in quelle più al largo. In particolare, nel mese di novembre la clorofilla “a” raggiunge valori superiori ai 100 µg/l presso le stazioni di Porto Garibaldi e Casalborsetti, a causa di intense fioriture microalgali che conferiscono alle acque marine una caratteristica colorazione rossastra.

L'andamento di questo parametro risulta strettamente correlato agli apporti fluviali e all'importante carico di nutrienti riversatosi in mare in seguito all'evento alluvionale del mese di ottobre.

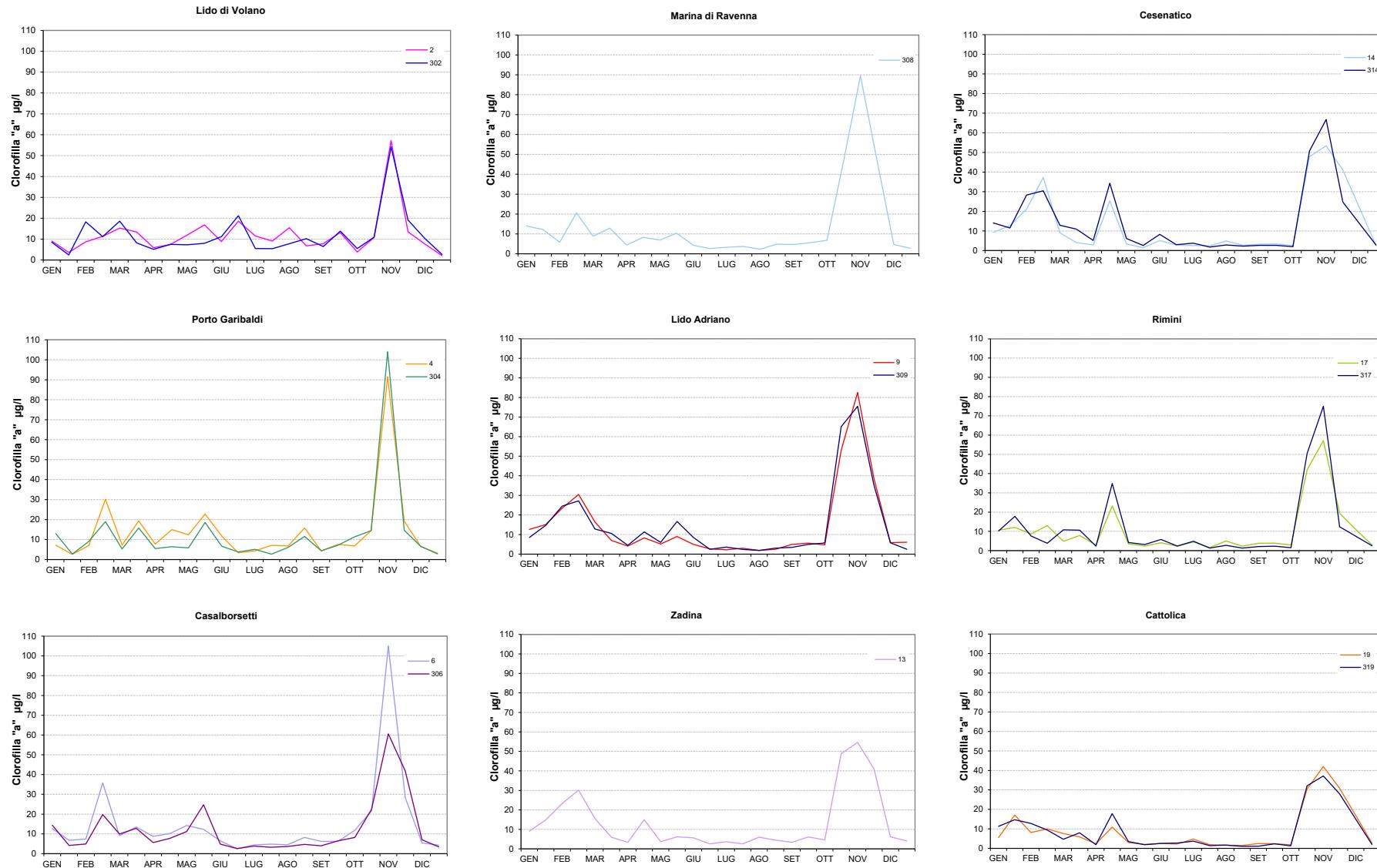


Figura 55 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (stazioni 308, 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2024

In Figura 56 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla "a" in superficie, da costa fino a 10 km al largo, riportate per stagione. Le concentrazioni sono espresse in $\mu\text{g/l}$ e rappresentate con una scala cromatica da blu (valori più bassi) a rosso (valori intermedi) e verde (valori più alti), con contorni isometrici per facilitare la lettura spaziale.

L'andamento medio stagionale nel 2024 evidenzia che durante l'inverno si sono registrate concentrazioni medie superiori ai 14-16 $\mu\text{g/l}$ nel tratto di costa tra Lido Adriano e Cesenatico, mentre nelle aree più meridionali i valori si sono mostrati più contenuti con valori pari a 3-6 $\mu\text{g/l}$. La distribuzione risulta piuttosto uniforme, con un progressivo incremento verso nord.

In primavera si osservano valori medi di clorofilla moderatamente elevati lungo l'intero litorale emiliano romagnolo, comunque inferiori ai 10-11 $\mu\text{g/l}$. La distribuzione appare più omogenea lungo tutta la costa, incluse le acque aperte.

Durante l'estate le concentrazioni risultano sensibilmente più basse, con ampie aree marine, in particolare quelle al largo, che mostrano valori compresi tra 2 e 4 $\mu\text{g/l}$. Solo le zone costiere più prossime alla riva mantengono valori leggermente superiori (6-10 $\mu\text{g/l}$), in particolare nel tratto settentrionale tra Lido di Volano e Porto Garibaldi.

In autunno si registra un nuovo incremento delle concentrazioni, con valori elevati uniformemente distribuiti lungo l'intera fascia costiera. In alcune aree, come tra Marina di Ravenna e Lido Adriano, e tra Cesenatico e Bellaria, si raggiungono concentrazioni comprese tra 20 e 30 $\mu\text{g/l}$.

Nel complesso la zona costiera settentrionale evidenzia valori sistematicamente più elevati in tutte le stagioni, a indicare una maggiore produttività e un apporto di nutrienti più consistente.

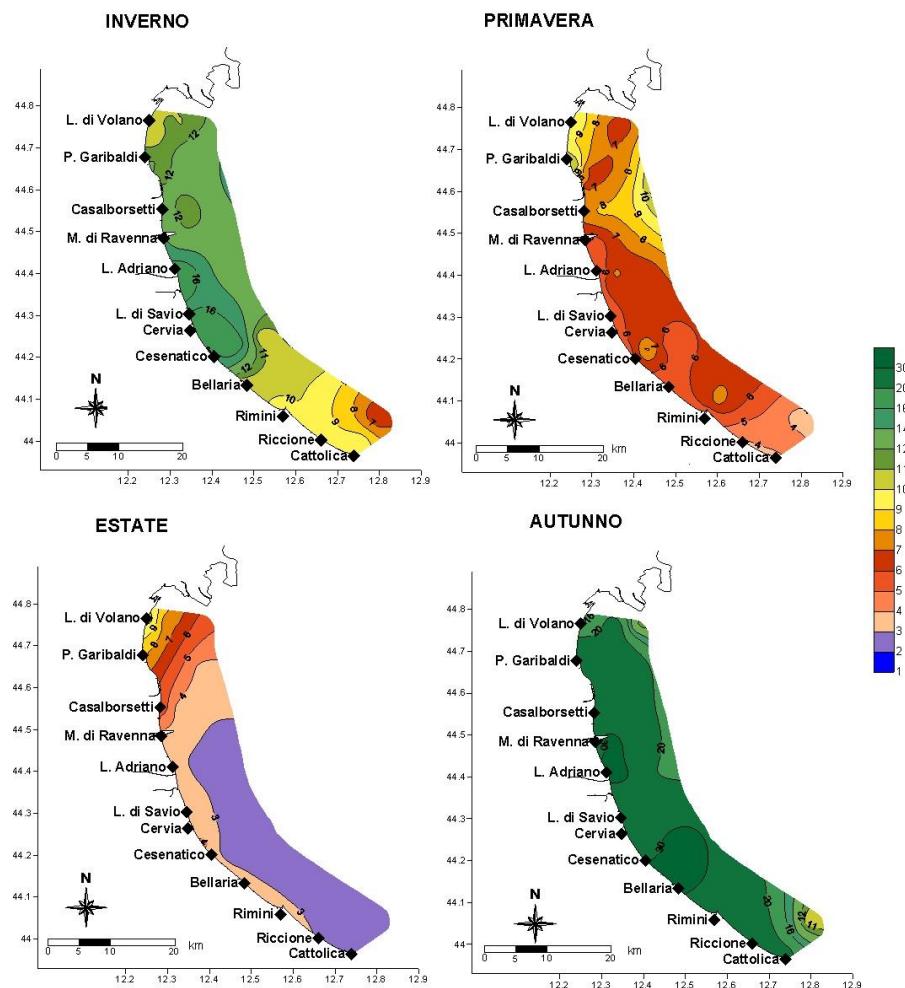


Figura 56 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali 2024)

4.3.2 Elementi nutritivi

4.3.2.a Azoto nitrico ($N-NO_3$)

I valori medi annuali calcolati nel 2024 evidenziano un incremento rispetto ai dati calcolati nell'anno 2023 correlati ad un maggior apporto di acque dolci dai bacini costieri ed in particolare da quello padano e a precipitazioni più frequenti e abbondanti verificatesi sull'intero territorio regionale (Figura 57). Gli andamenti annuali anche nel 2024 presentano un marcato trend negativo nord sud, così come anche lungo i transetti da costa al largo anche se più contenuti. Fa eccezione il transetto davanti a Lido di Volano, localizzato nell'area più settentrionale della costa, dove i valori medi rimangono molto simili da costa fino a 10 km al largo, ma sempre più elevati rispetto a quelli calcolati nelle altre stazioni, attestandosi intorno ai 500 $\mu\text{g/l}$. Il confronto con i valori medi calcolati nel 2023 evidenzia un incremento significativo in tutte le stazioni più importante in quelle localizzate nell'area più settentrionale. Questo incremento si osserva lungo tutti i transetti anche nelle stazioni più al largo. Nella stazione 2004, a 20 km davanti a Porto Garibaldi, il valore medio calcolato nel 2024 è stato di 238.7 $\mu\text{g/l}$ mentre l'anno precedente il valore medio si attestava intorno ai 75 $\mu\text{g/l}$.

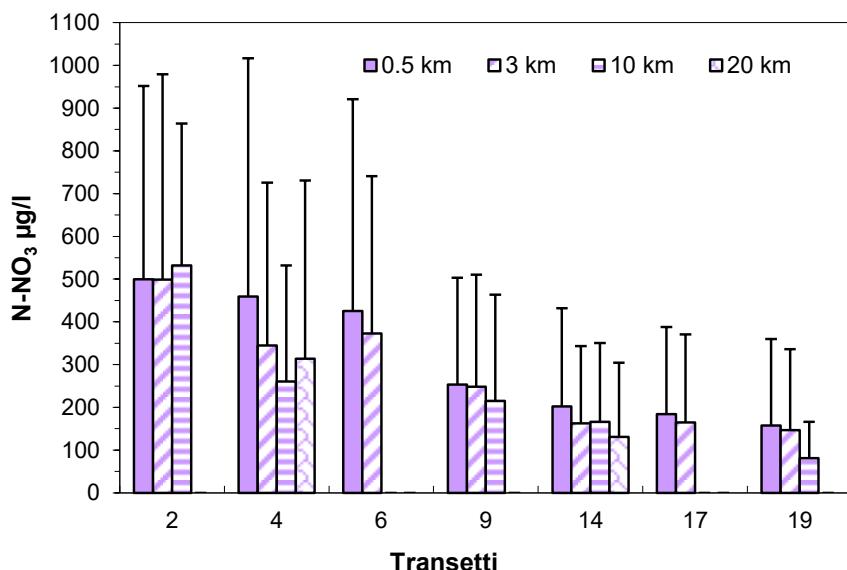


Figura 57 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La

Figura 58 mette a confronto gli andamenti delle concentrazioni dell' $N-NO_3$ in superficie nella stazione più a nord della costa, Lido di Volano, con quella localizzata più a sud, davanti a Cattolica, entrambe posizionate a 0.5 km dalla costa. I valori nella stazione 2 mostrano fluttuazioni più ampie durante la maggior parte dell'anno

con un picco massimo a ottobre (24/10/24) pari a 1734.2 µg/l confermando concentrazioni per la maggior parte maggiori. Valori più alti a Cattolica rispetto a Lido di Volano si sono misurati a dicembre durante l'ultimo controllo del 2024 con un valore massimo di 795.5 µg/l.

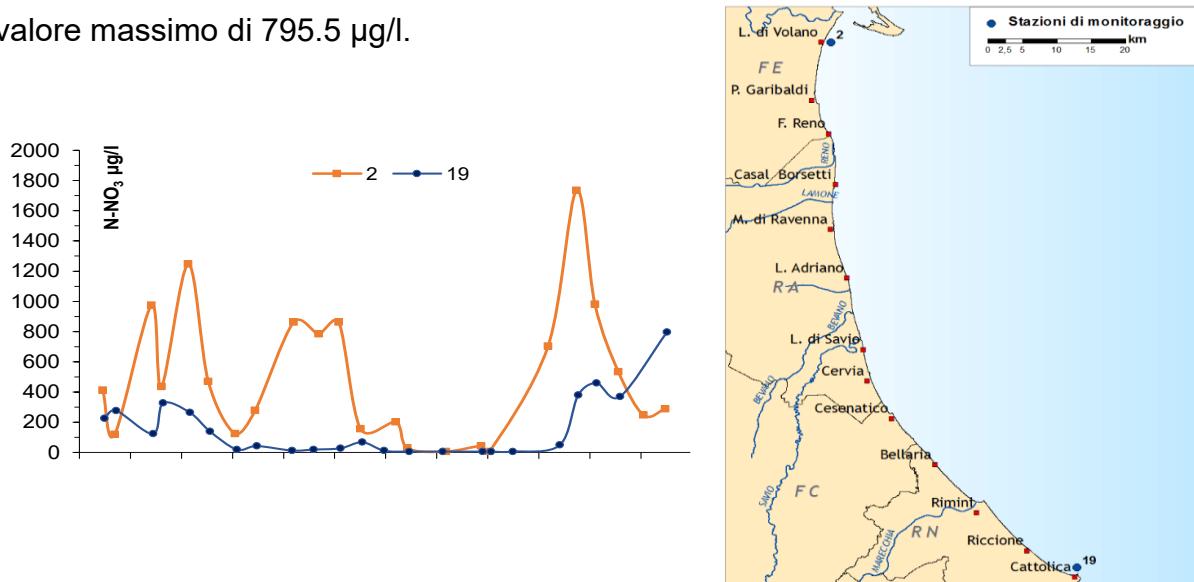


Figura 58 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5 km a Lido di Volano e Cattolica

Anche gli andamenti di Figura 59 confermano concentrazioni più elevate e una maggiore variabilità di azoto nitroso nelle stazioni localizzate nella parte più settentrionale della costa (staz. 4 e 6) rispetto a quelle più meridionali (staz. 14 e 17). I valori massimi nel 2024 si sono misurati in superficie durante i controlli del 24 ottobre nelle stazioni 4 (0.5 km davanti Porto Garibaldi) e 6 (0.5 km davanti Casalborsetti) rispettivamente con 2198.1 µg/l e 2022.7 µg/l.

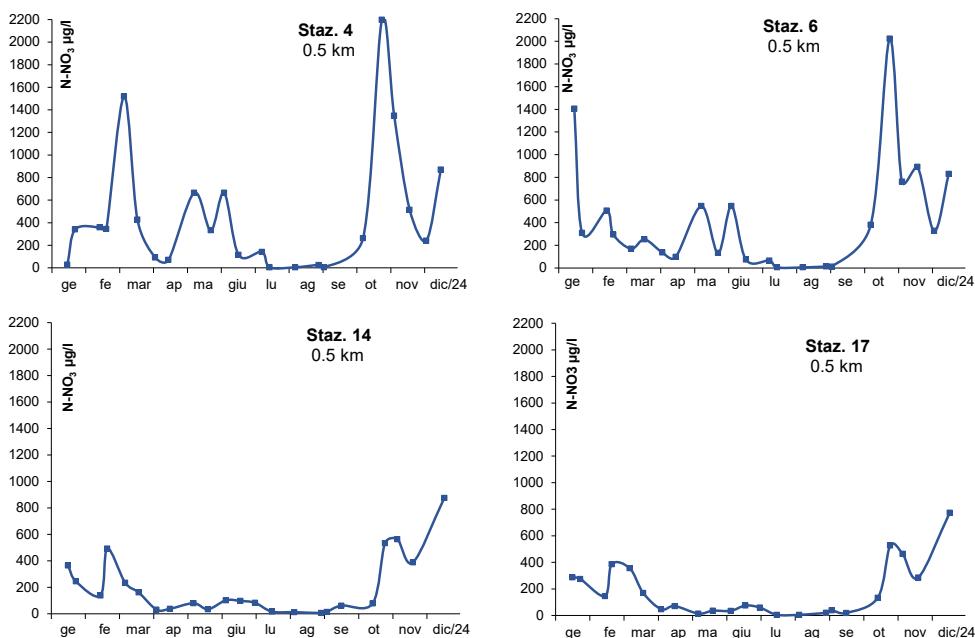


Figura 59 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi, Casalborsetti, Cesenatico e Rimini

L'elaborazione delle medie stagionali dell' N-NO_3 nelle acque di superficie, mostra concentrazioni alte in autunno e inverno e minime in estate in stretta correlazione con le portate dai bacini costieri e da quello padano. Valori di deviazione standard elevati in autunno nelle stazioni 2, 4 e 6 confermano una forte variabilità nella quantità di azoto nitrico presente in ambiente marino nell'area più settentrionale della costa.

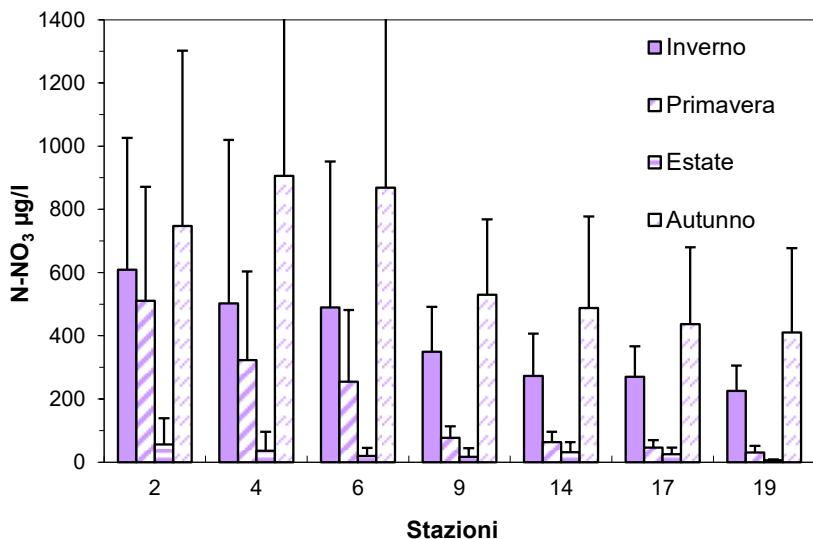


Figura 60 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico superficiale in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Come accennato in precedenza durante i controlli eseguiti il 24-25 ottobre si sono registrati i valori più elevati del 2024. Come evidenziato in Figura 61 le acque superficiali presentavano nell'area più settentrionale della costa valori elevati con concentrazioni superiori ai 2000 $\mu\text{g/l}$ con un massimo misurato davanti a Porto Garibaldi.

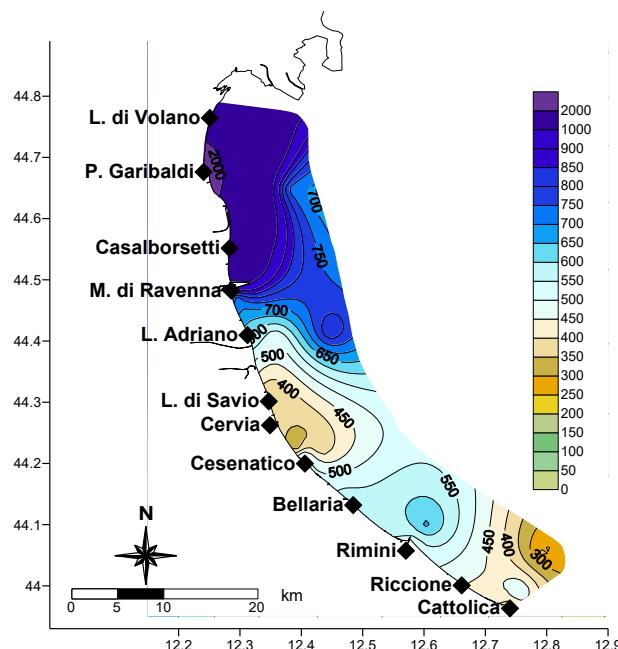


Figura 61 – Mappa di distribuzione dell'azoto nitrico ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo: 24-25 ottobre 2024

L'andamento delle concentrazioni di azoto nitrico sul fondo mostra un comportamento molto simile sia nelle stazioni in costa che in quelle al largo con variazioni molto contenute e valori bassi sia lungo i transetto di Porto Garibaldi che in quello di Cesenatico (Figura 62).

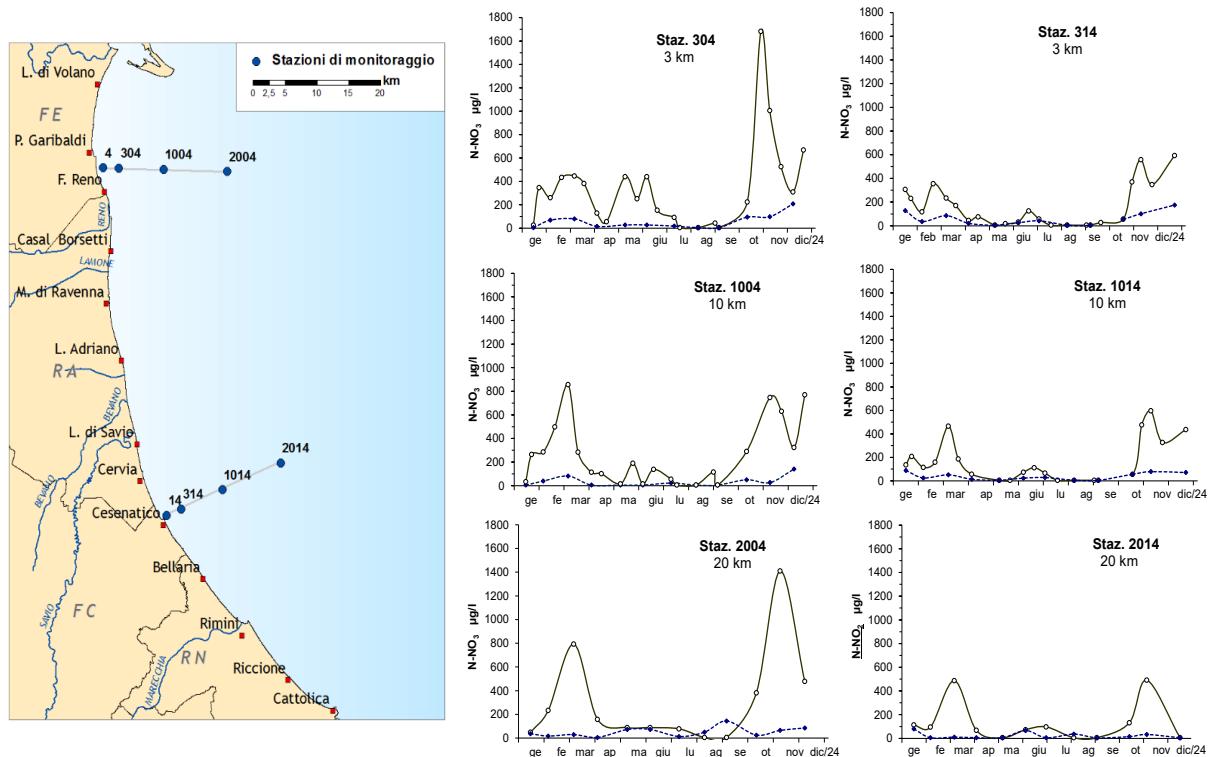


Figura 62 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.b Azoto nitroso ($N\text{-NO}_2$)

Anche per quanto riguarda l'azoto nitroso nel corso del 2024 si osservano variazioni di concentrazioni, nelle acque di superficie, più elevate e variabili nei mesi con precipitazioni e portate dai bacini costieri e da quello padano più abbondanti. Luglio e agosto risultano in generale i periodi con valori bassi di $N\text{-NO}_2$ sia nelle stazioni meridionali sia in quelle localizzate nell'area più a nord della costa. I grafici di Figura 63 mostrano gli andamenti temporali del parametro misurato in superficie nelle stazioni 2 e 4, localizzate nella parte settentrionale della costa e le stazioni 17 e 19 più a sud. Nella stazione a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi (4) si evidenziano due picchi elevati a marzo e a novembre. Durante i controlli di novembre si è misurato il valore più alto del 2024 proprio nella stazione 4 pari a 66.109 $\mu\text{g/l}$.

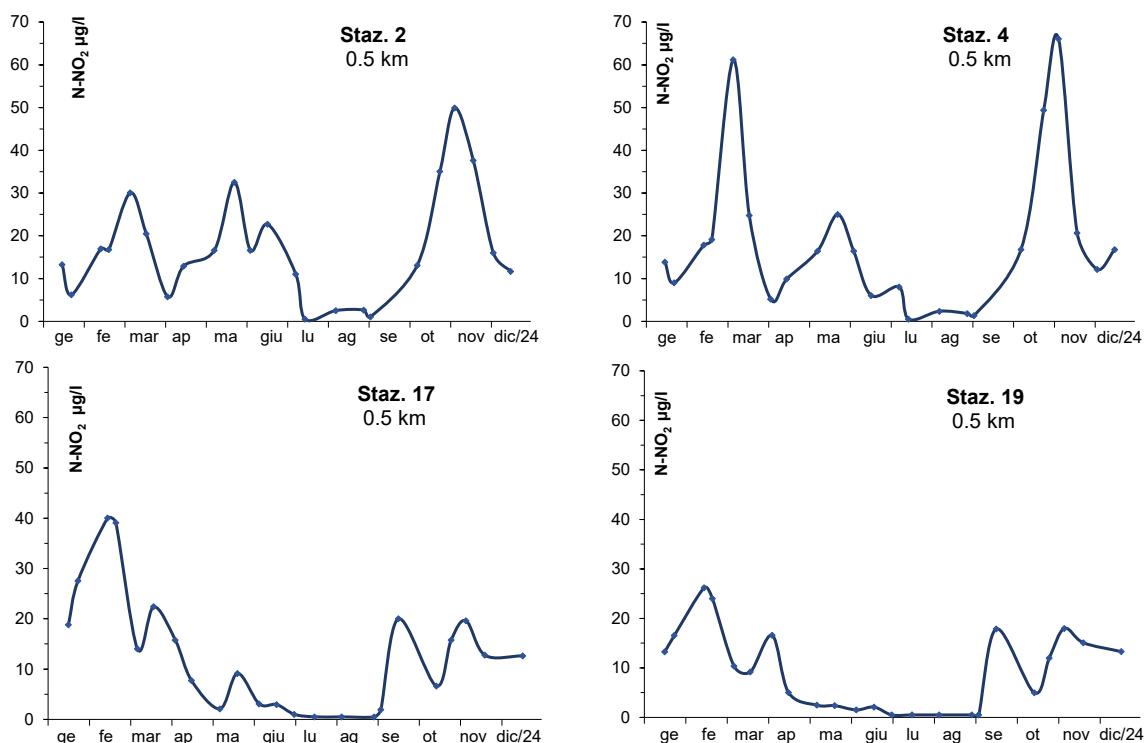


Figura 63 – Andamenti temporali dell'azoto nitroso in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Rimini e Cattolica

L'elaborazione delle medie stagionali in alcuni punti di campionamento posizionati a 0.5 dalla costa (Figura 64), conferma valori minimi durante la stagione estiva e più alti in autunno e a seguire in inverno strettamente correlati agli apporti più elevati di acque dolci afferenti dai bacini costieri e in particolare da quello padano.

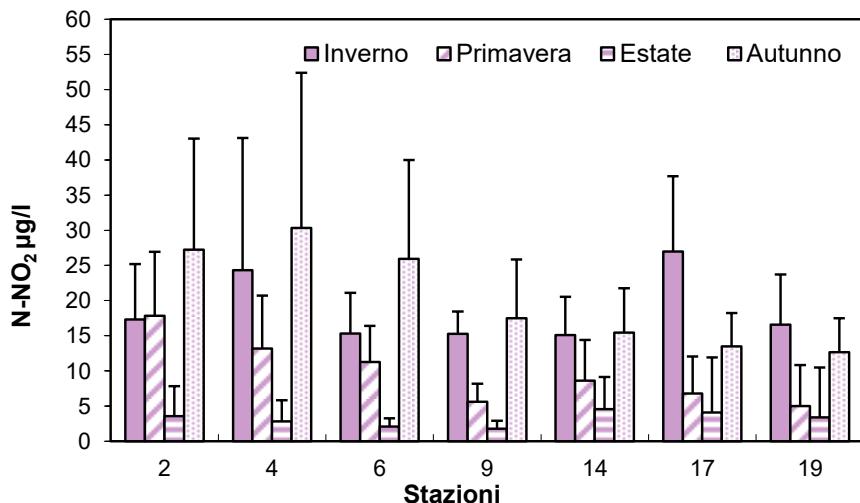


Figura 64 – Valori medi stagionali e deviazione standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

Il calcolo delle medie annuali nelle stazioni perpendicolari alla costa da 0.5 a 20 km al largo evidenza un trend decrescente nord sud e costa largo confermando valori più elevati nelle aree con un impatto diretto dal bacino padano e concentrazioni inferiori nella parte più meridionale della costa emiliano romagnola (Figura 65).

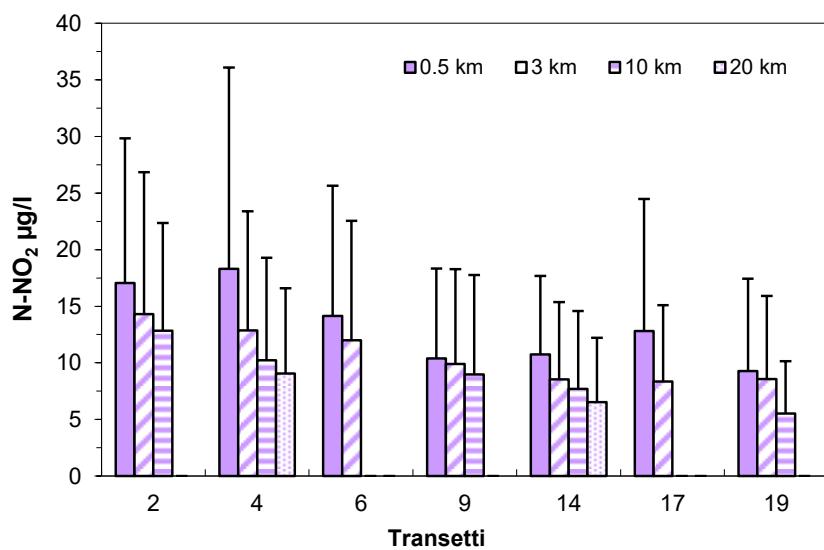


Figura 65 – Valori medi annuali e deviazione standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

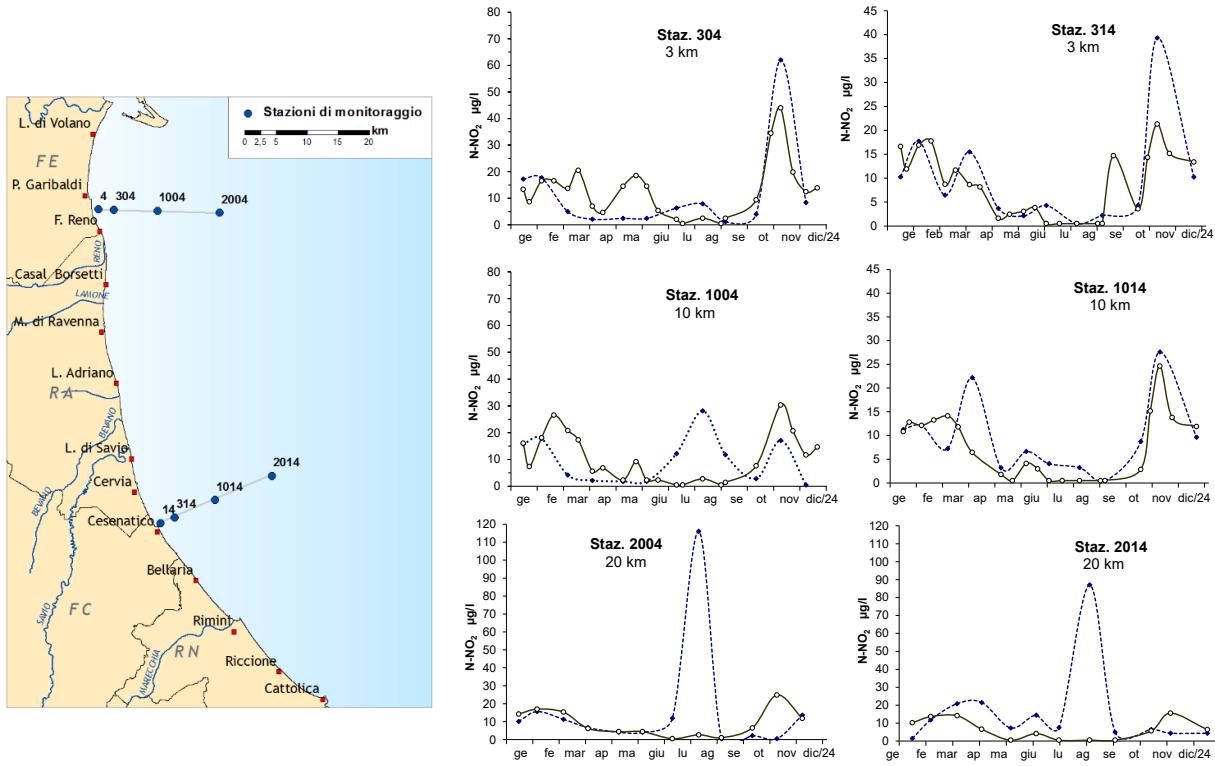


Figura 66 – Andamenti temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

Analizzando l'andamento delle concentrazioni di NO_2 in superficie e sul fondo lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico (Figura 66) si evidenziano nette differenze soprattutto nelle stazioni più lontane da costa, durante il mese di agosto. Nel corso dei controlli del 5-7 agosto si sono infatti misurati valori alti sia nella stazione 2004 (116.04 $\mu\text{g/l}$) sia nella stazione 2014 (87.0 $\mu\text{g/l}$). La presenza di concentrazioni più elevate di NO_2 sul fondo rispetto alla superficie si è evidenziata in concomitanza alla presenza di bassi valori di ossigeno in quelle aree proprio a livello del fondale. Tali concentrazioni creano condizioni favorevoli alla proliferazione dei organismi denitrificanti che attraverso le loro attività metaboliche rimettono in circolo diverse forme solubili di azoto tra le quali anche l'azoto nitroso. Anche la stratificazione termica lungo la colonna d'acqua, tipica dei mesi estivi, può limitare il rimescolamento delle acque e l'apporto di ossigeno in profondità, favorendo la denitrificazione e l'accumulo di NO_2 sul fondo.

4.3.2.c Azoto ammoniacale ($N-NH_3$)

Valori medi annuali confermano, come per le altre forme di azoto, concentrazioni più alte in costa con elevate deviazioni standard che sottolineano l'estrema variabilità del parametro nelle acque superficiali durante l'anno. L'andamento dell'azoto ammoniacale è principalmente correlato alle portate dei fiumi e alle deposizioni atmosferiche che si verificano durante l'anno. Le coste ricevono direttamente gli apporti dai fiumi che trasportano a loro volta nutrienti inclusi i composti azotati come l'ammoniaca, provenienti prevalentemente dall'agricoltura e scarichi civili e/o industriali.

In tutti i transetti si evidenzia un netto trend costa largo mentre rimane meno accentuato il decremento lungo la costa da nord a sud (Figura 67). I valori medi più alti sono risultati nelle stazioni di Porto Garibaldi (33.3 µg/l) e a seguire di Cesenatico (28.6 µg/l) mentre quelli più bassi, inferiori a 5 µg/l, nelle stazioni 2004 (20 km davanti a Porto Garibaldi) e 1009 (10 km davanti a Lido Adriano).

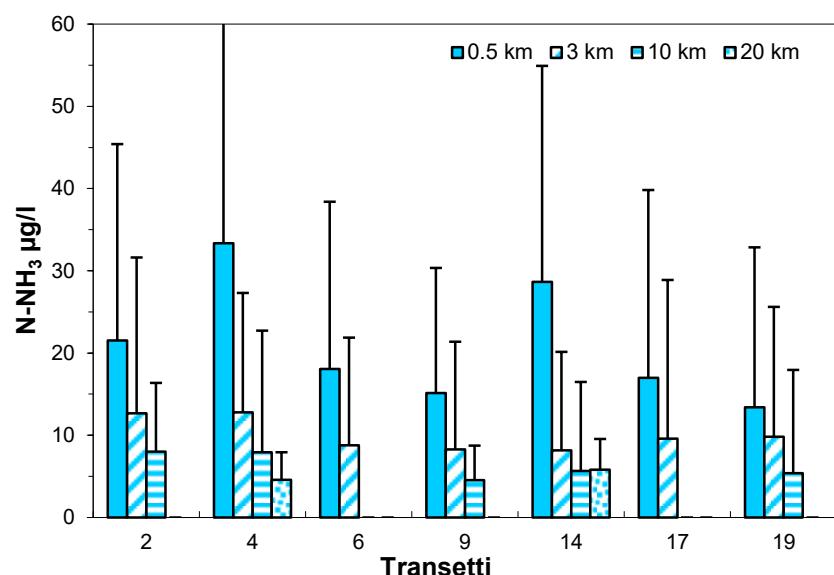


Figura 67 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento medio stagionale, sempre misurato nelle acque di superficie a 0.5 km dalla costa, mostra una spiccata variabilità. Davanti a Porto Garibaldi si sono calcolati valori alti in inverno e autunno a confronto con le concentrazioni medie calcolate in primavera ed estate, al contrario davanti a Cesenatico le medie più elevate sono risultate essere nelle stagioni più calde rispetto a quelle tendenzialmente più fredde (Figura 68).

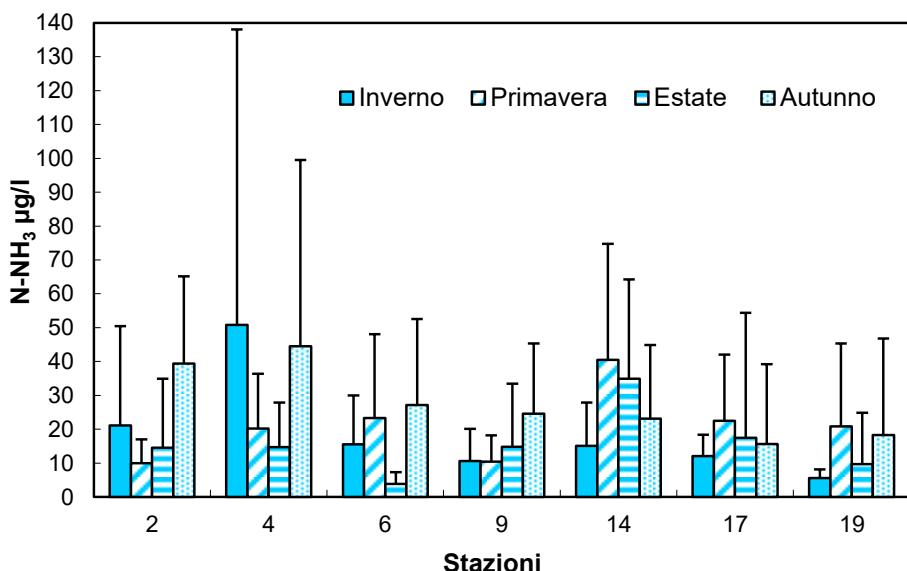


Figura 68 – Valori medi stagionali e deviazione standard dell’azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5 dalla costa

Nel grafico di Figura 69 sono messi a confronto gli andamenti dell’azoto ammoniacale misurato durante il 2024 nelle acque di superficie a Lido di Volano, a nord della costa e a Cattolica, stazione posizionata nella parte più meridionale. Si osservano comportamenti e concentrazioni simili in alcuni periodi mentre in altre si evidenziano nette differenze.

Nella stazione 2 si sono misurati due picchi massimi uno il 6 marzo, con 80.7 µg/l e l’altro a ottobre con 82.4 µg/l; anche nella stazione 19 si sono avuti due massimi, uno a giugno con 70.2 µg/l e l’altro a dicembre con 68.1 µg/l.

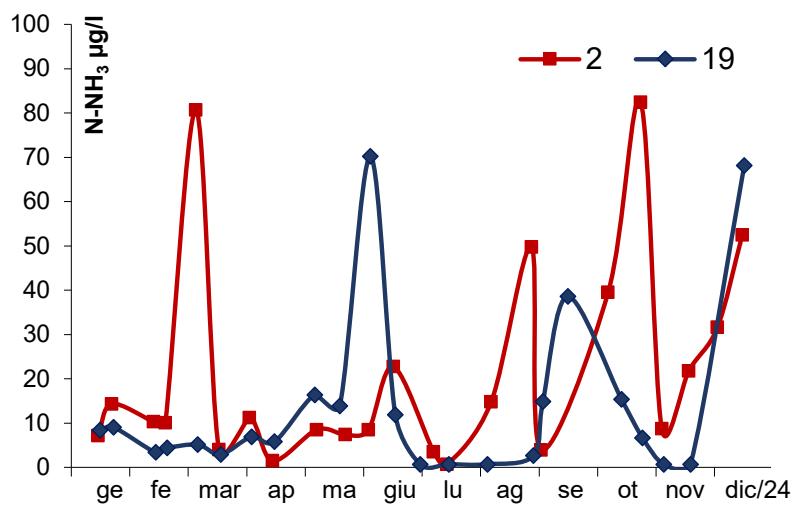


Figura 69 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

La concentrazione più alta in assoluto del 2024 pari a 334.1 µg/l è stata misurata durante i controlli del 5 febbraio nella stazione 11, a 0.5 km davanti a Lido di Savio

(Ravenna) (Figura 70). Anche a marzo si sono registrati alcuni valori elevati, sempre presso le stazioni più costiere, come ad esempio davanti a Porto Garibaldi durante i controlli del 6 marzo dove si è misurata una concentrazione di ammoniaca in superficie di 228.5 µg/l.

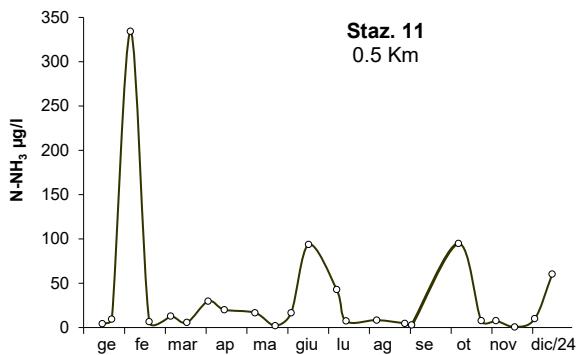


Figura 70 – Andamento temporale dell'azoto ammoniacale in superficie a 0.5 km davanti a Cervia

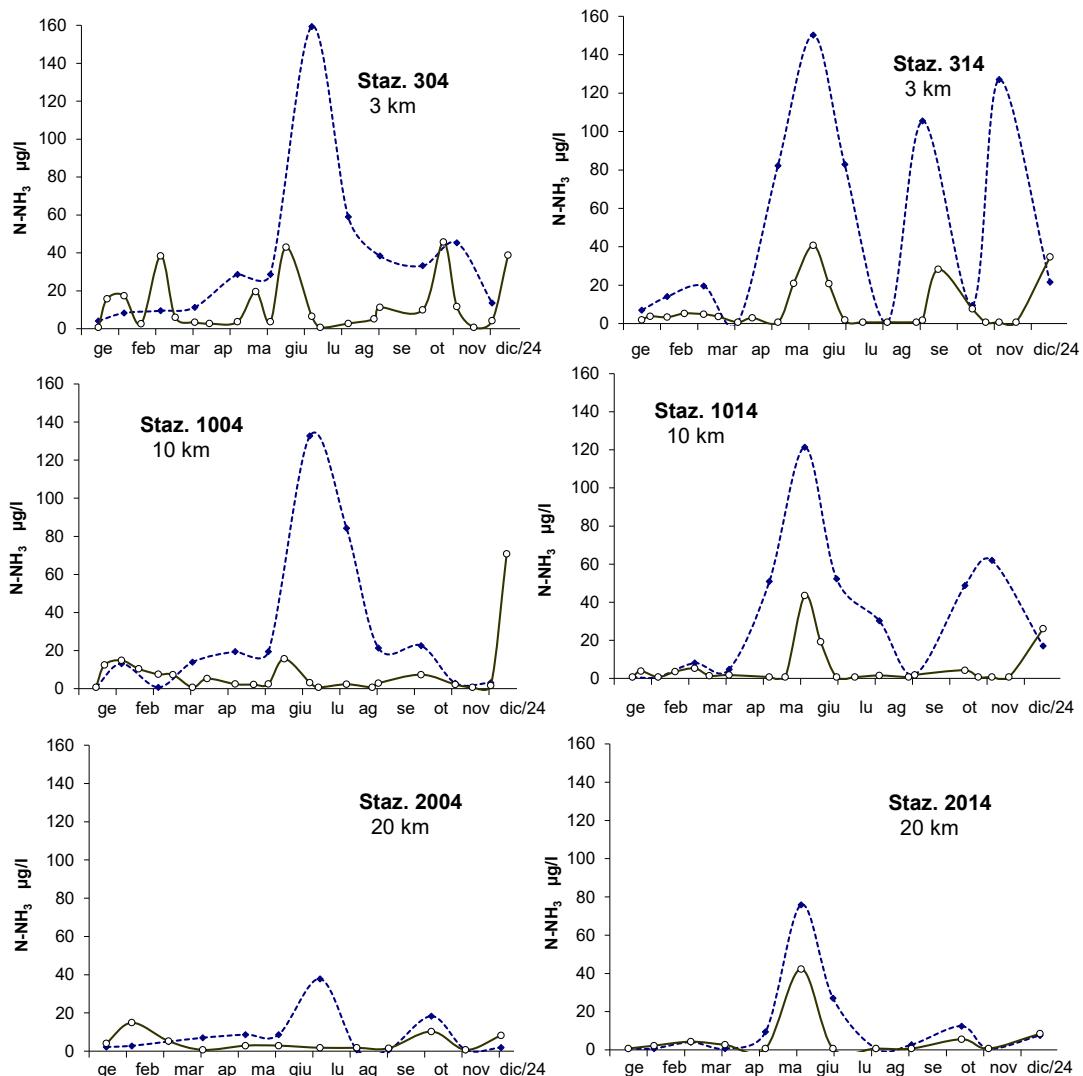


Figura 71 – Andamenti temporali in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

L'andamento dell'azoto ammoniacale in superficie a confronto con quello misurato sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico, mostra in alcuni periodi dell'anno concentrazioni nettamente più elevate sul fondo rispetto a quelle della quota superficiale (Figura 71). Una presenza maggiore di NH₃ vicino al fondale marino può essere correlata da una parte ad un aumento dell'attività metabolica di organismi bentonici durante la decomposizione della sostanza organica che ne aumenta la produzione e dall'altra ad una diminuzione dell'ossigeno che limitando la nitrificazione ne diminuisce il consumo.

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

L'azoto inorganico disciolto presente in mare, conosciuto anche come DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) è la sommatoria delle tre diverse forme di azoto solubile: azoto nitroso, azoto nitrico e azoto ammoniacale. Il DIN rappresenta un parametro importante, insieme agli altri nutrienti, per una valutazione sulla qualità ambientale di un ecosistema marino costiero.

L'azoto nitrico (nitrati NO_3^-) è spesso la componente più rappresentativa nel calcolo del DIN in quanto è la forma più abbondante di azoto inorganico disciolto e relativamente più stabile in soluzione acquosa rispetto all'ammonio e ai nitriti. L'analisi delle tre diverse componenti durante l'anno nella stazione 4, a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi, conferma l'abbondanza netta dell' N-NO_3 rispetto all' N-NO_2 e all' N-NH_3 , soprattutto nei campionamenti dove il DIN è risultato più alto (Figura 72).

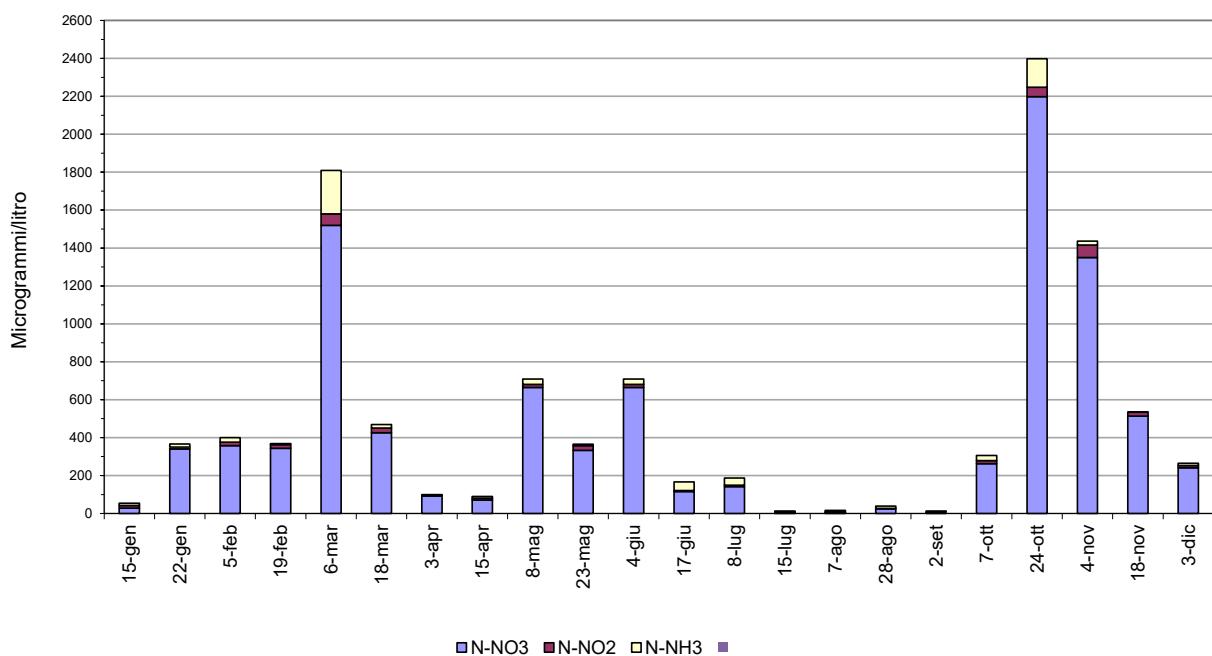


Figura 72 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 4 a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi

Il confronto dei valori medi mensili calcolati nelle stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica con i valori di riferimento calcolati nel periodo 1993-2002 (Figura 73) evidenzia una tendenza a concentrazioni mensili nel 2024 in linea con quelle della climatologia e in alcuni periodi e ad una diminuzione. Nelle stazioni 304 e 309 si registrano tra ottobre e dicembre differenze più nette rispetto alle medie di confronto tendenti al contrario ad un incremento. In particolare a Porto Garibaldi si registra a ottobre una media notevolmente più elevata rispetto al valore medio climatologico di riferimento.

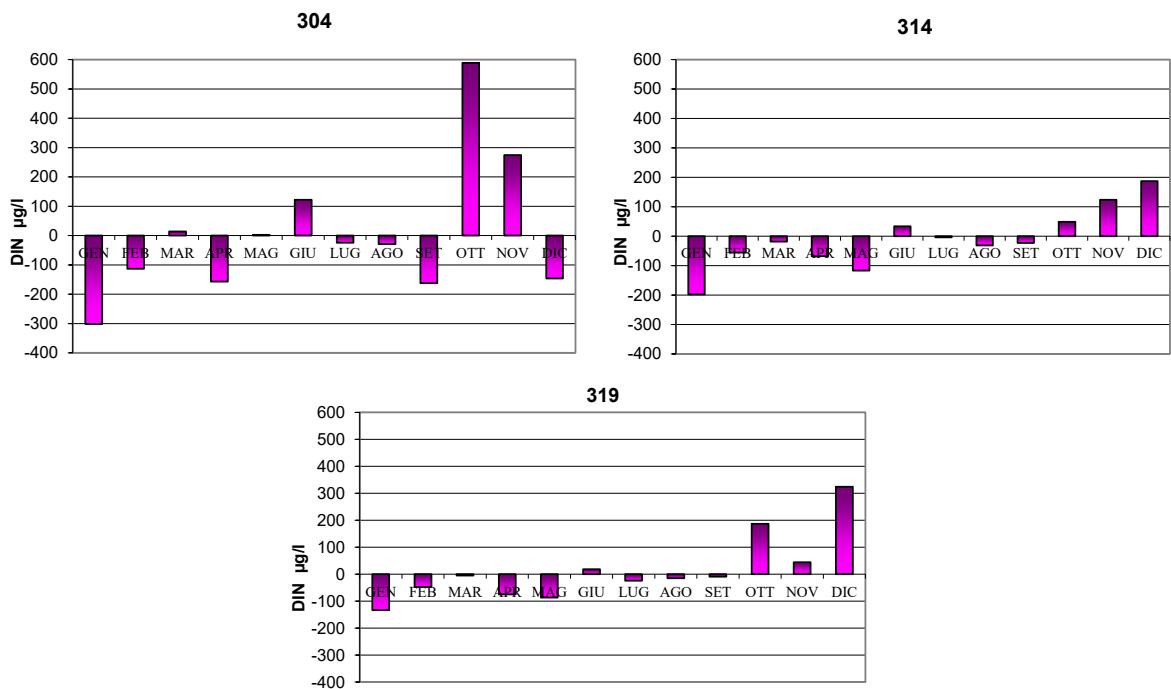


Figura 73 – Variazioni dei valori mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

In Figura 74 viene rappresentata la tendenza del DIN nel tempo in tre aree rappresentative della costa dell'Emilia-Romagna. Sono state calcolate le medie geometriche tra Lido di Volano e Porto Garibaldi localizzate nell'area più settentrionale, tra Cervia e Cesenatico nella zona più centrale e davanti a Cattolica, da costa fino ai 3 km nella parte più a sud. Le linee tratteggiate indicano le linee di tendenza di tipo lineare che mostrano l'evoluzione complessiva del sistema mentre le linee continue evidenziano eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. Nel 2024 si osserva una tendenza all'incremento nell'area più a nord della costa.

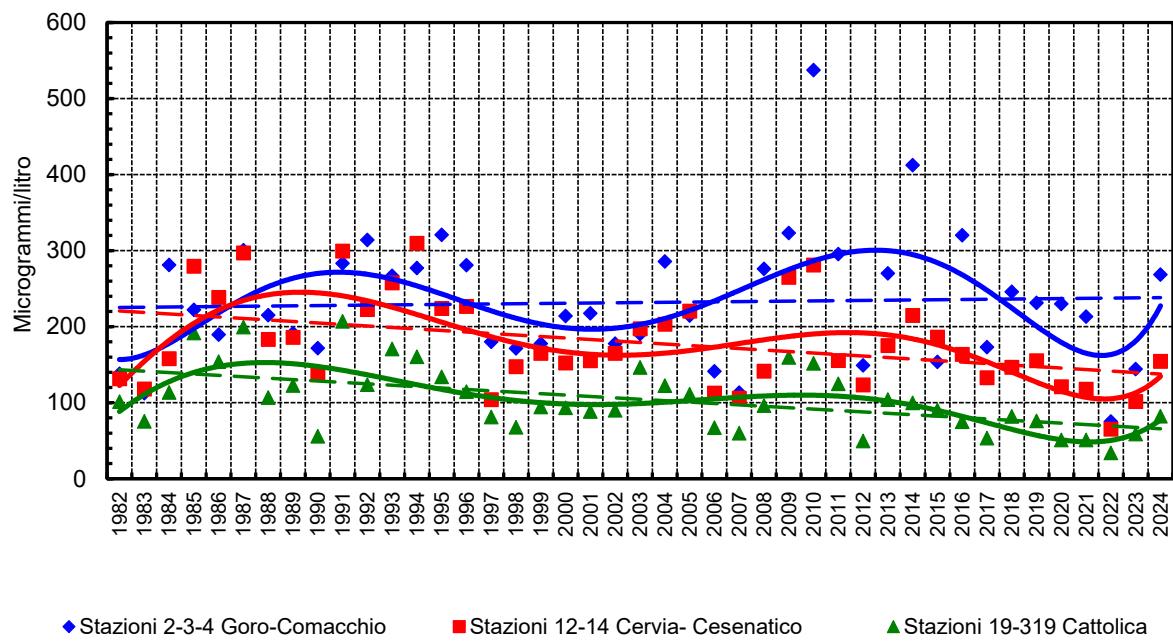


Figura 74 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN nel lungo periodo 1982-2024 in tre aree lungo la costa emiliano romagnola

4.3.2.e Azoto totale (N tot)

L'elaborazione delle medie annuali dell'azoto totale lungo i transetti conferma un netto trend negativo nord sud ed uno costa largo più accentuato nei transetti di Cesenatico e Cattolica (Figura 75). Rispetto ai valori calcolati nel 2023 si evidenzia un aumento medio delle concentrazioni in particolare nelle stazioni più settentrionale direttamente correlate a portate maggiori dai fiumi e soprattutto dal Po durante l'anno. Il transetto di Lido di Volano conferma la diretta influenza delle acque da Po sulle acque marine che oltre alla diluizione immette carichi di nutrienti che rendono più ricche le acque soprattutto in superficie; i valori medi calcolati a 0.5, a 3 e 10 km rimangono compresi tra 928 µg/l (staz. 2) e 870 µg/l (staz. 1002). Il valore medio più basso è risultato di 307.7 nella stazione 1019, a 10 km al largo di Cattolica.

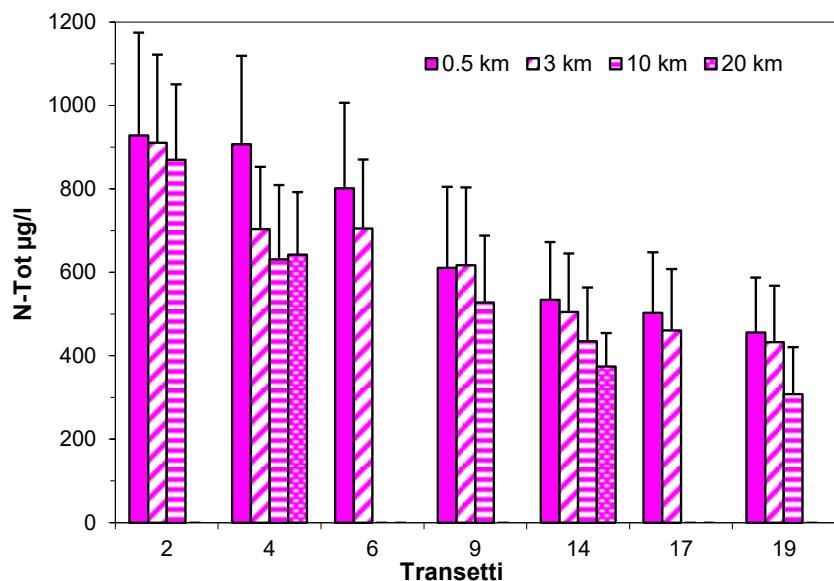


Figura 75 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'elaborazione delle medie stagionali, come evidenziato anche per l'azoto nitrico, mostra una tendenza, in tutte le stazioni vicine alla costa, verso valori di azoto totale più elevati in autunno e inverno e più bassi in estate (Figura 76).

L'elaborazione delle medie mensili calcolate nel 2024 con quelle di riferimento comprese nel periodo 1993-2002 conferma una tendenza all'aumento dei valori di azoto nelle stazioni considerate da ottobre a dicembre. Nei mesi estivi i dati si allineano con quelli della climatologia di riferimento, in alcuni con una tendenza negativa (Figura 77).

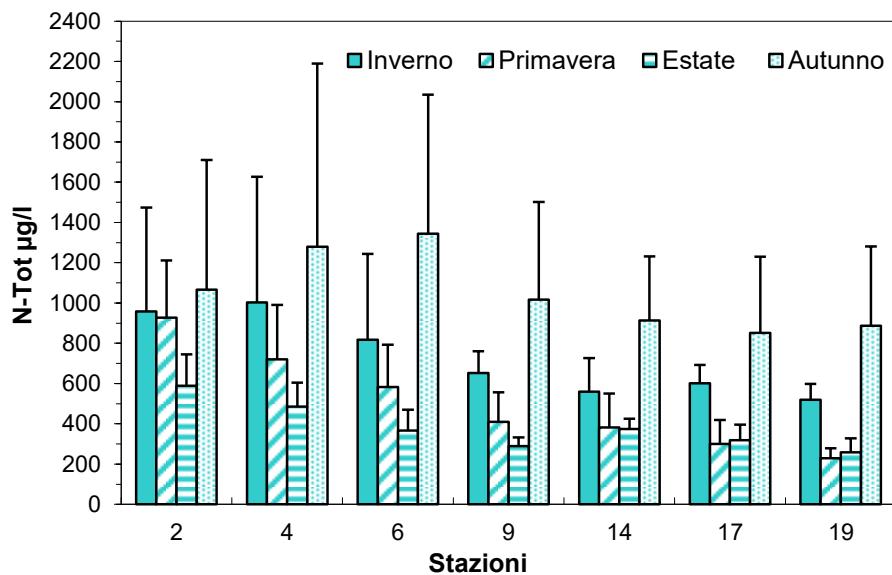


Figura 76 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

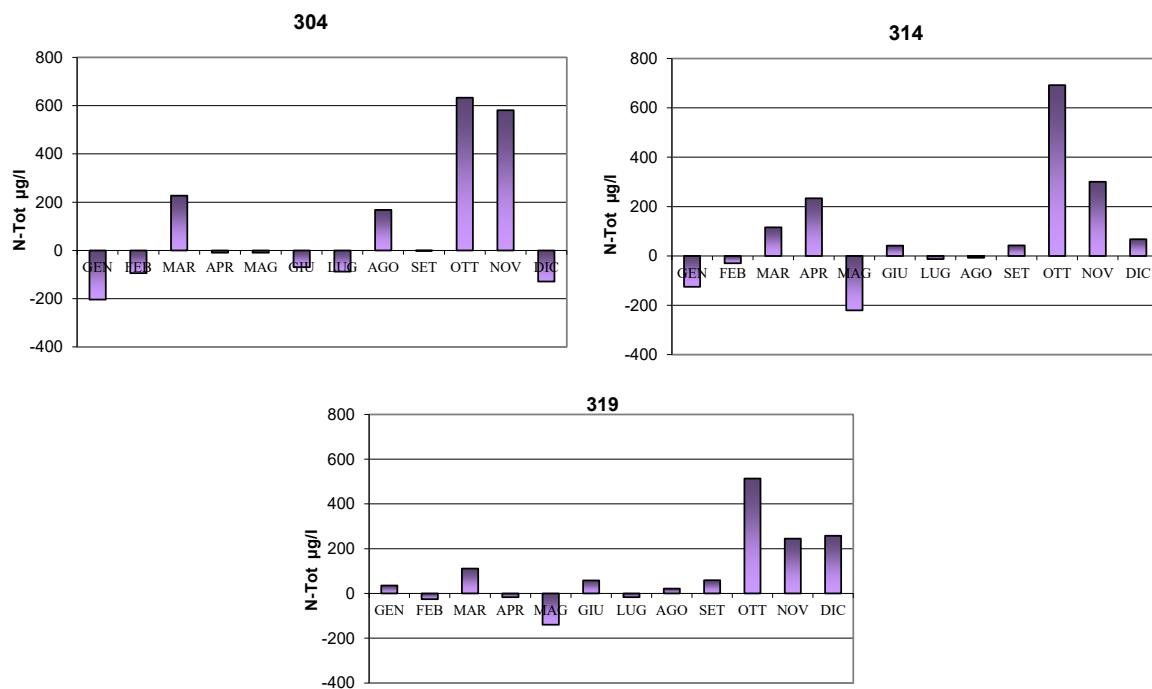


Figura 77 – Variazioni dei valori mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

L’andamento delle concentrazioni dell’azoto totale in superficie a confronto con quelle misurate a livello del fondale lungo la direttrice di Porto Garibaldi mostrano fluttuazioni ampie alla quota più alta anche a 20 km dalla costa (Figura 78). Sul fondo si mantengono più basse e limitate confermando una maggior stabilità delle masse d’acqua prossime al fondale durante tutto l’anno.

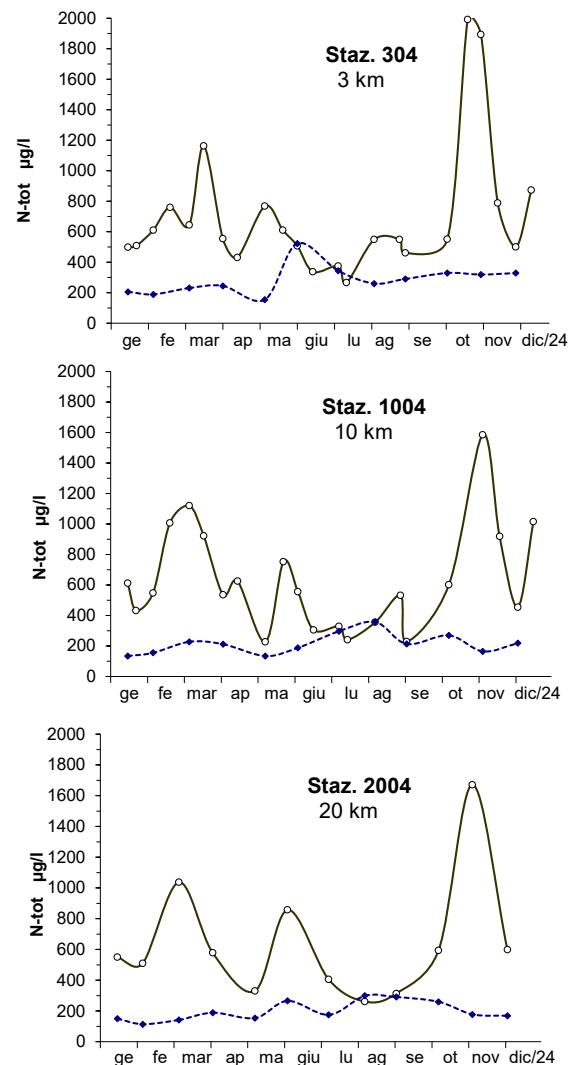


Figura 78 – Andamenti temporali dell’azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi

L’andamento temporale dell’azoto totale in superficie durante l’anno misurato alla stazione 2 a confronto con quello alla stazione 19 mostra una variabilità maggiore a Lido di Volano e valori più elevati (Figura 79). Si evidenzia un picco in entrambi i punti di campionamento durante i controlli del 24 ottobre strettamente correlati con le condizioni meteo del periodo che hanno visto piogge intense su tutto il territorio regionale con conseguente aumento delle portate dai fiumi costieri e dal Po.

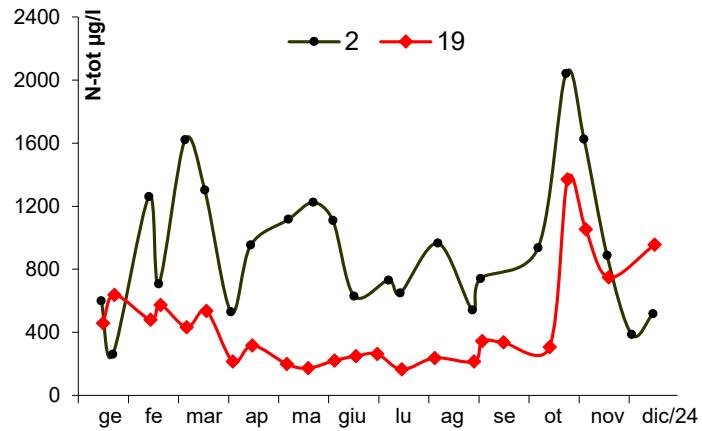


Figura 79 – Andamenti temporali dell’azoto totale in superficie nella stazione 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica) a 0.5 km dalla costa

Il confronto con stazioni a 0.5 km e 3 km di distanza dalla costa a Porto Garibaldi e Cesenatico (Figura 80), mostrano un comportamento simile confermando valori di concentrazioni stabili. A Porto Garibaldi le fluttuazioni rimangono più ampie con due picchi, in particolare vicino alla costa a marzo e ottobre. Anche a Cesenatico si evidenzia un picco durante il monitoraggio di fine ottobre.

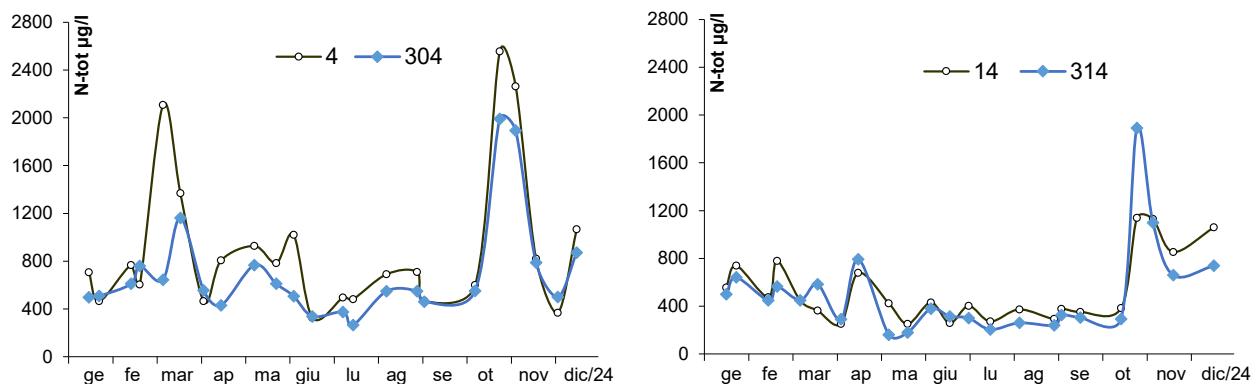


Figura 80 – Andamenti temporali dell’azoto totale in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Porto Garibaldi (4-304) e Cesenatico (14-314)

4.3.2.f Fosforo reattivo ($P-PO_4$)

Il fosforo reattivo contribuisce alla quota del fosforo totale presente in ambiente marino ed è molto importante perché rappresenta la forma direttamente assimilabile dagli organismi marini per la crescita e i processi metabolici. L'andamento negli ultimi anni ha visto una progressiva diminuzione delle concentrazioni lungo tutta la costa spesso strettamente correlate anche alla diminuzione di portate dai bacini costieri e delle precipitazioni.

Il 2024 come accennato nei paragrafi precedenti, è stato un anno estremamente piovoso che ha portato in diversi momenti ad un incremento delle portate dei fiumi regionali e in particolare del Po, con conseguente immissione in ambiente marino di grandi quantità di acque dolci ricche di nutrienti.

L'elaborazione delle medie annuali evidenzia il marcato trend decrescente nord e sud lungo la costa dell'Emilia-Romagna a conferma di una maggior influenza da parte del bacino padano sull'area più settentrionale (Figura 81). In alcuni transetti si evidenzia una diminuzione anche da costa a largo come ad esempio a Porto Garibaldi e Cattolica. Lungo il transetto 2, davanti a Lido di Volano, le concentrazioni rimangono alte anche a 10 km e di poco inferiori a quelle misurate vicino alla costa. Questa condizione è sempre correlata all'effetto diretto degli apporti dal bacino padano sull'intera area.

Rispetto ai valori medi calcolati nel 2023 in queste stazioni si rileva un incremento significativo: il valore medio calcolato nella stazione 2 nel 2024 è stato di 10 $\mu\text{g/l}$ quasi il doppio di quello calcolato nel 2023, pari a 5.25 $\mu\text{g/l}$.

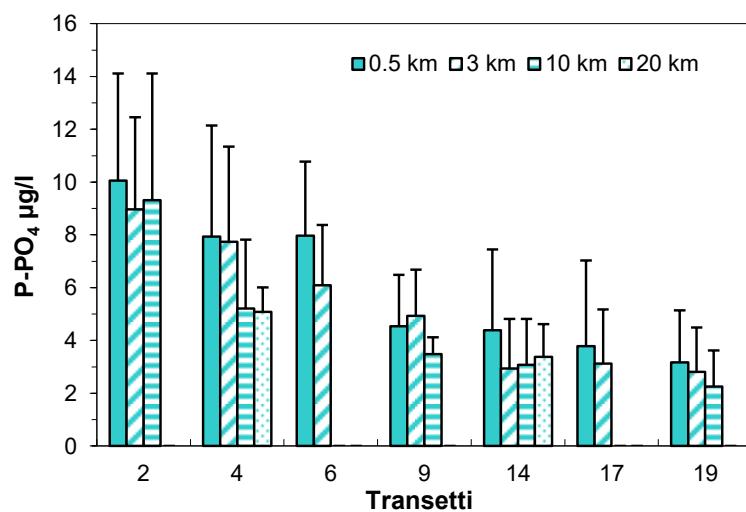


Figura 81 – Valori medi annuali e deviazione standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento temporale del fosforo reattivo misurato a 0.5 km davanti a Lido di Volano, nella parte più a nord della costa a confronto con i valori misurati a Cattolica localizzata a sud evidenziano fluttuazioni ampie nella stazione 2 e concentrazioni nettamente più basse nella stazione 19 (Figura 82). Fa eccezione il monitoraggio del 4-5 novembre dove si è rilevata una differenza netta tra le due stazioni, con valori

elevati a Cattolica pari a 18 µg/l contro i 0.7 µg/l misurati, sempre nelle acque di superficie, nella stazione più settentrionale.

Nel 2024 il valore più elevato di P-PO₄ misurato nelle acque marine superficiali è stato di 40 µg/l nella stazione 8, a 0.5 km davanti a Marina di Ravenna, durante il monitoraggio del 24 ottobre.

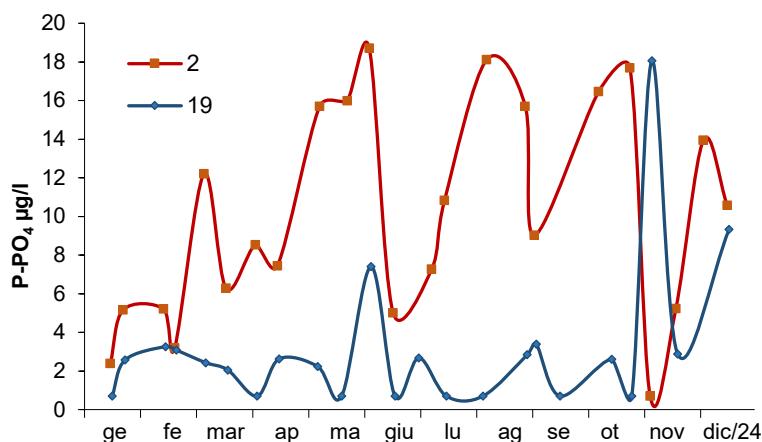


Figura 82 – Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica) a 0.5 km dalla costa

Analizzando i dati del fosforo reattivo in superficie per medie stagionali, si evidenziano valori più alti in autunno in particolare nelle stazioni localizzate nell'area centro meridionale della costa (Figura 83). Questi dati sono strettamente correlati agli eventi di piogge intense che hanno interessato la regione da fine settembre a dicembre con conseguente aumento delle portate dai fiumi costieri. Nelle stazioni 2 e 4 si osservano valori tendenzialmente alti e simili da marzo a dicembre mentre rimangono bassi nei mesi invernali.

Rispetto ai dati del 2023 si evidenzia un incremento delle concentrazioni in autunno in tutte le stazioni; a Cattolica si è calcolato un dato medio pari a 6.71 µg/l contro una media di 1.42 µg/l nel 2023.

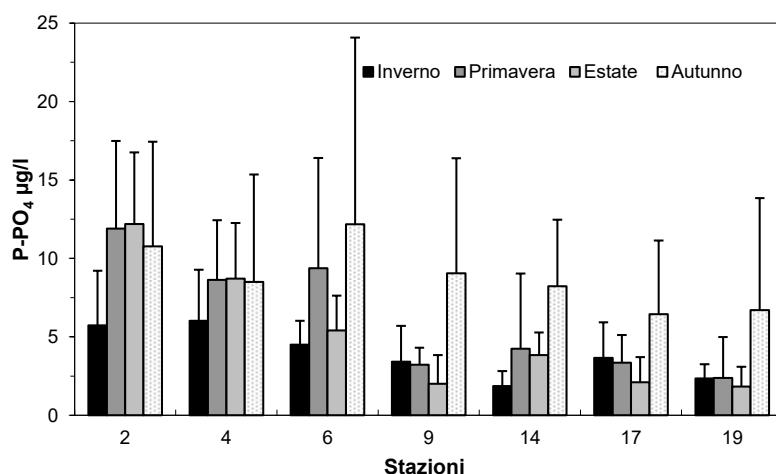


Figura 83 – Valori medi stagionali e deviazione standard del fosforo reattivo in superficie calcolati in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

I grafici di

Figura 84 riportano gli andamenti annuali delle concentrazioni del P-PO₄ in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Cesenatico e Porto Garibaldi. Oscillazioni maggiori si osservano alla quota più superficiale e valori più alti lungo la direttrice di Porto Garibaldi; fa eccezione il dato rilevato durante i campionamenti di inizio novembre con valori molto elevati a Cesenatico anche al largo (stazione 1014 concentrazione 20.36 µg/l). Il grafico evidenzia in alcuni momenti concentrazioni più elevate nelle acque di fondo rispetto a quelle in superficie. Questa situazione si verifica quando aumenta l'attività metabolica degli organismi detritivori che mineralizzando la sostanza organica depositatasi sul fondale a fine ciclo vitale, rilasciano fosforo inorganico.

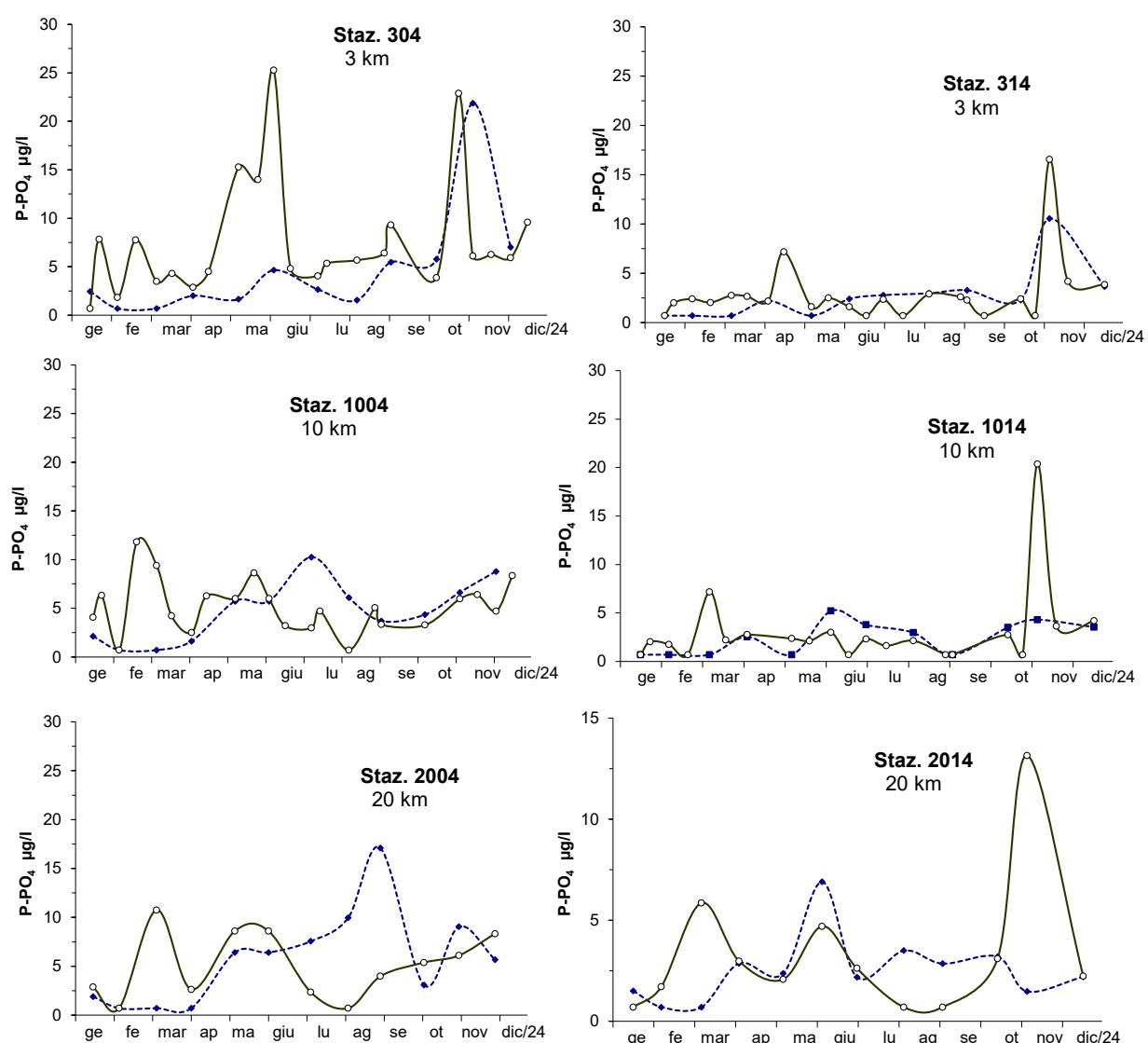


Figura 84 – Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

In Figura 85 sono messe a confronto le medie mensili del fosforo reattivo calcolate nel 2024 con le medie climatologiche di riferimento calcolate sul lungo periodo 1993-2002 nelle tre stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Mentre nelle stazioni 314 e 319 si osserva una tendenza alla diminuzione o al mantenimento dei valori in linea con le medie climatologiche, nella stazione davanti a Porto Garibaldi si evidenzia un aumento da maggio a ottobre, più netto a maggio e giugno.

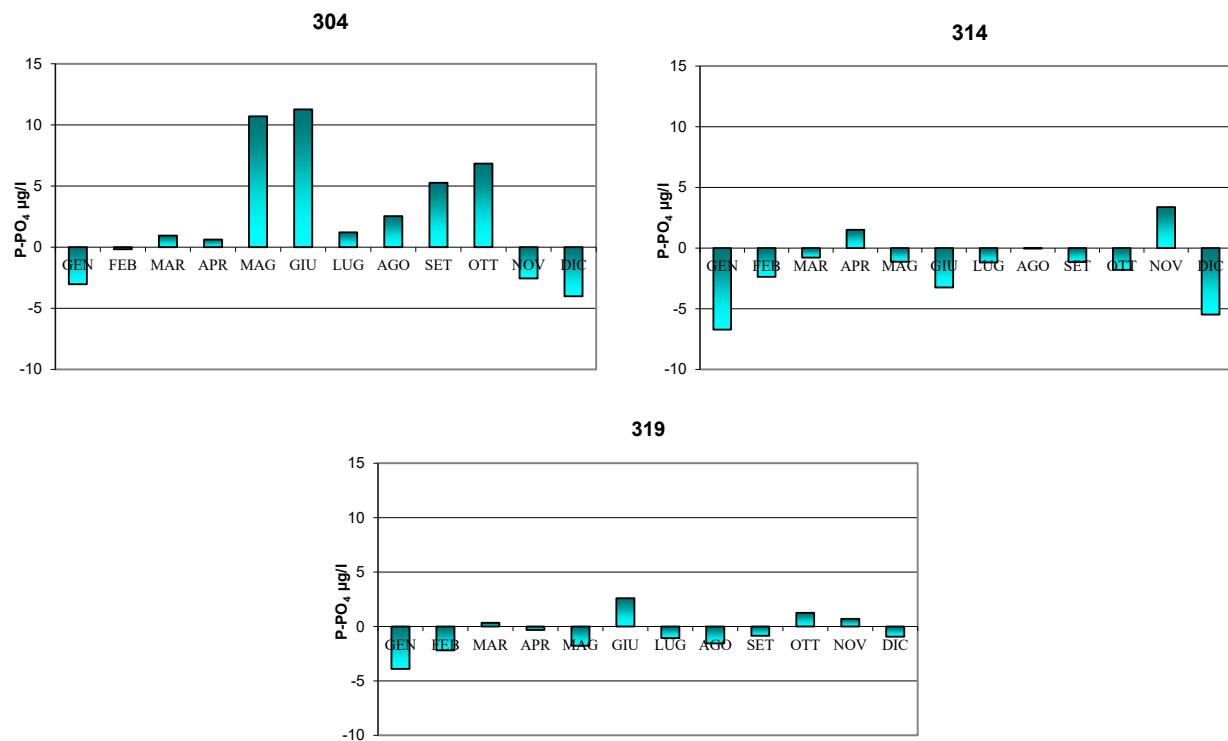


Figura 85 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del P-PO₄ (µg/l) nel lungo periodo 1982-2024 in tre aree lungo la costa emiliano romagnola

4.3.2.g Fosforo totale (P_{tot})

Il fosforo totale include tutte le forme di fosforo presenti in mare, sia organiche che inorganiche, disiolte e particolari ed in Emilia-Romagna rappresenta il fattore limitante nella qualità dell'ecosistema marino. Le acque costiere sono generalmente più ricche di fosforo rispetto a quelle al largo perché direttamente influenzate dagli apporti terrestri e dalle attività antropiche. Questa condizione si evidenzia negli istogrammi di Figura 86 dove sono rappresentate le medie annuali di fosforo totale nelle stazioni da 0.5 km a 20 km al largo. Si conferma un trend in diminuzione costa largo con un minimo calcolato nella stazione a 10 km lungo il transetto di Cattolica (7.94 µg/l). Il grafico conferma anche un netto trend nord sud e concentrazioni medie molto simili lungo il transetto di Lido di Volano e più alte rispetto ai valori nelle altre stazioni, come evidenziato anche per il fosforo reattivo.

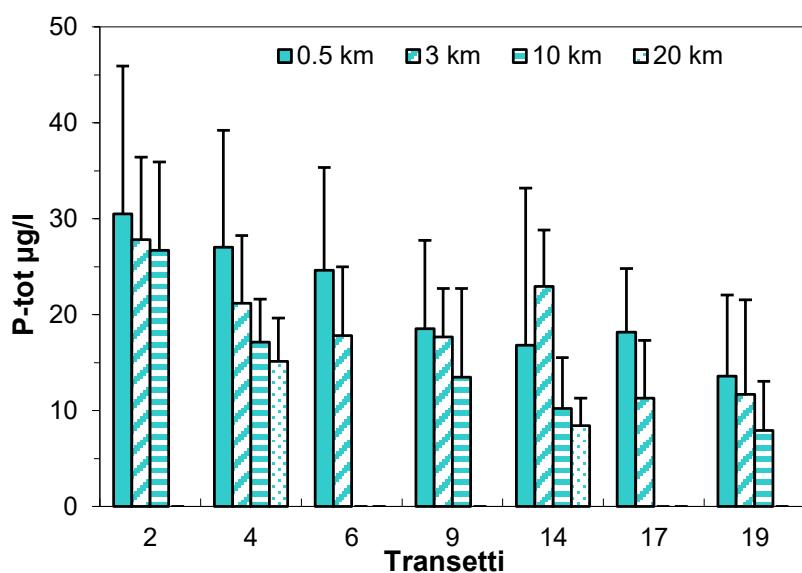


Figura 86 – Valori medi annuali e deviazione standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Per quanto riguarda l'andamento stagionale i valori più elevati di parametro nelle acque superficiali si registrano in autunno lungo tutta la costa (Figura 87); fa eccezione la stazione 2 con il valore più elevato in assoluto durante la stagione estiva.

In Figura 88 viene rappresentato l'andamento annuale del fosforo totale nella stazione 2 dove si evidenziano concentrazioni elevate, superiori a 70 µg/l, durante i controlli del 7 agosto e 2 settembre che contribuiscono alla media elevata stagionale commentata precedentemente.

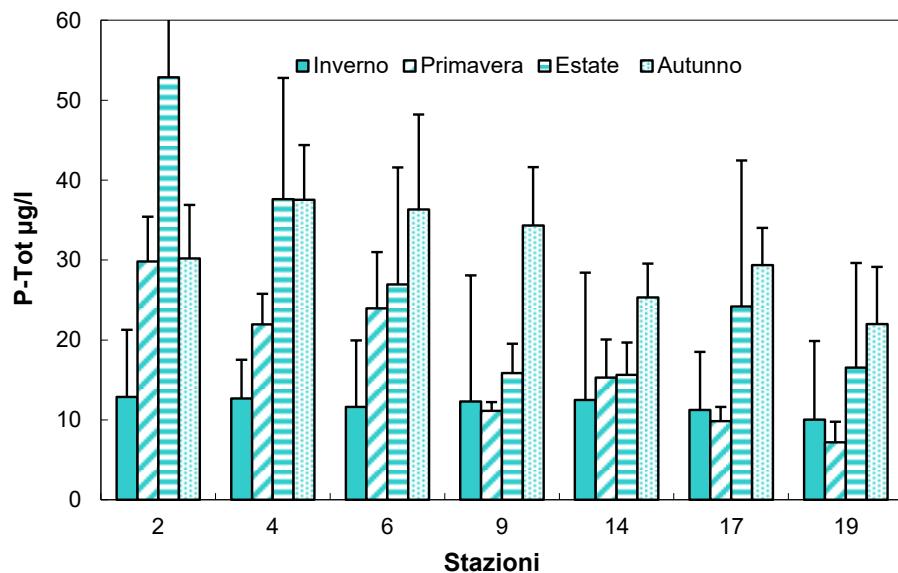


Figura 87 – Valori medi annuali e deviazione standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

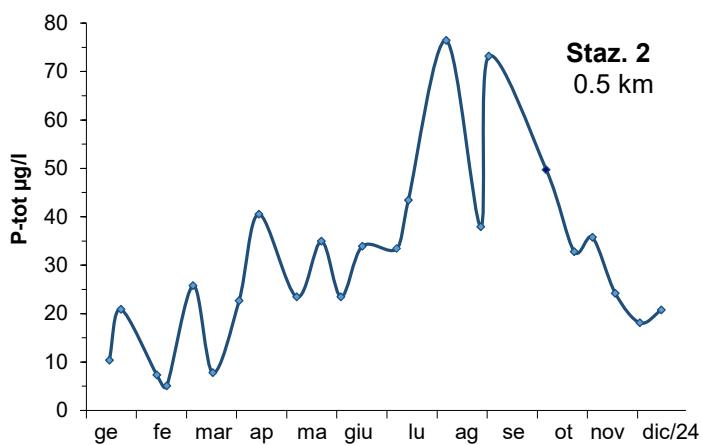


Figura 88 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie nella stazione 2 a 0.5 km davanti Lido di Volano

Confrontando i valori medi mensili del 2024 con quelli mediati su dataset di lungo periodo (1983 al 2002) in alcune stazioni posizionate alla distanza di 3 km dalla riva, si osserva una tendenza più o meno significativa alla diminuzione (Figura 89).

Fanno eccezione alcuni mesi come ad esempio ottobre dove si registrano, al contrario valori positivi: in particolare nella stazione 314, davanti a Cesenatico il dato evidenza un netto incremento rispetto alla media climatologica di riferimento. Questa condizione si è verificata perché durante i controlli del 25 ottobre si sono misurate concentrazioni molto alte pari a 258.576 µg/l che hanno inciso sulla media totale.

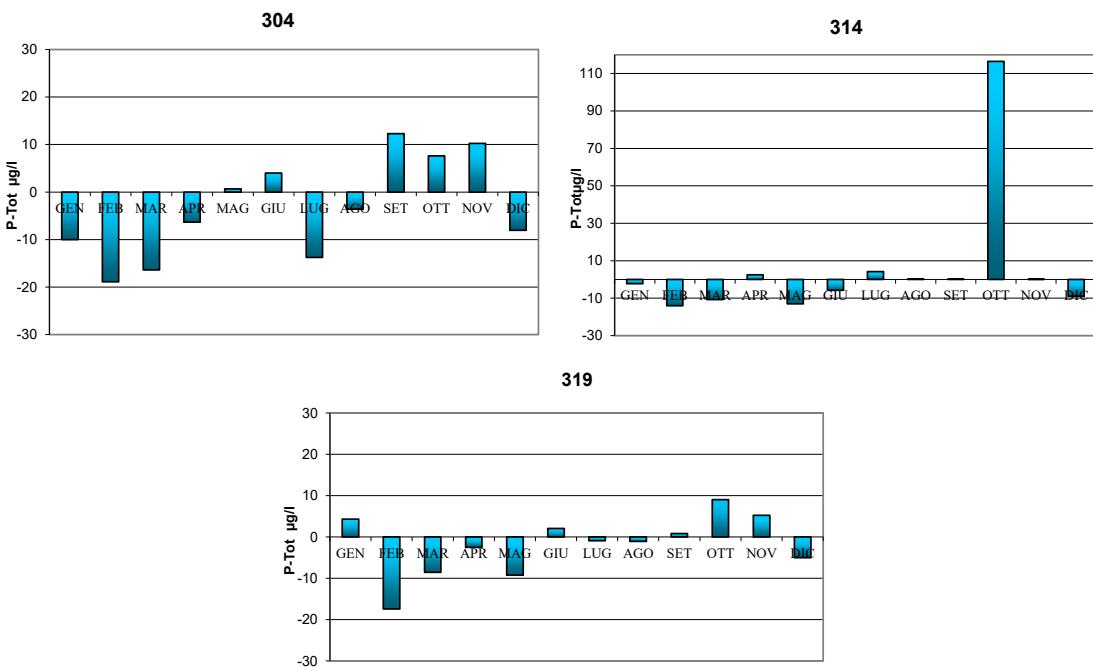


Figura 89 – Variazioni dei valori mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

Gli istogrammi di Figura 90 mostrano i valori di fosforo totale a confronto con quello reattivo nella stazione 4 a Porto Garibaldi. Il fosforo reattivo rappresenta generalmente una piccola percentuale del fosforo totale in mare come si evidenzia ad esempio durante i controlli del 7 ottobre, questo è dovuto anche al fatto che è un forma di fosforo immediatamente assimilabile dalla biomassa fitoplanctonica e quindi a volte di difficile quantificazione.

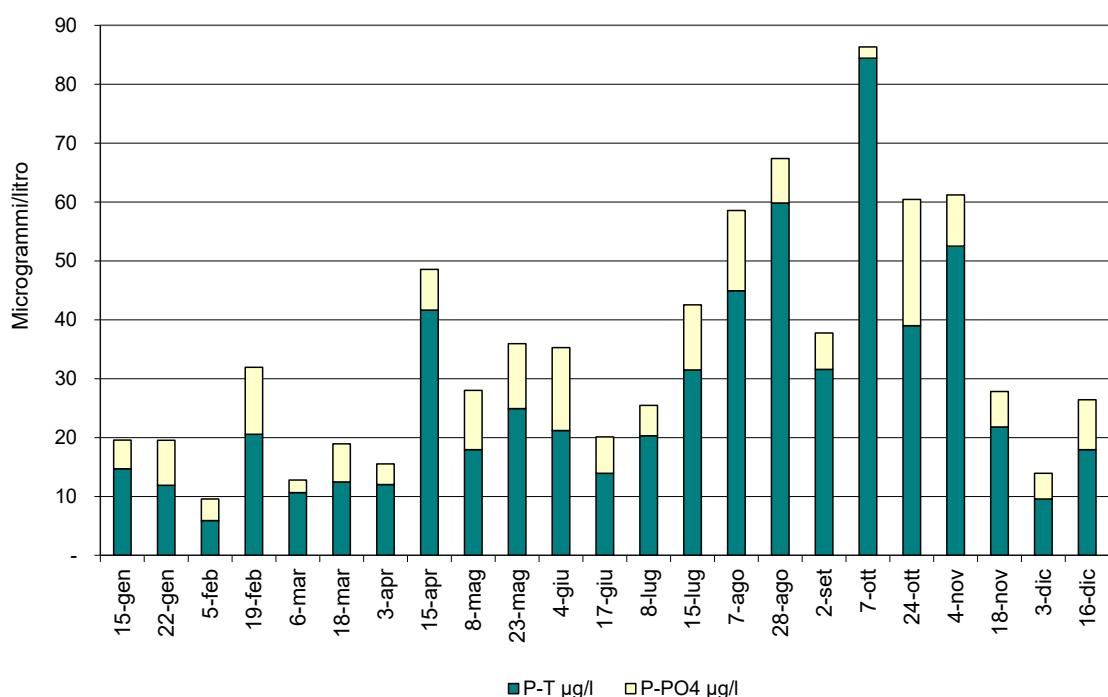


Figura 90 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali di fosforo totale e fosforo reattivo nella stazione 4 (Porto Garibaldi)

L'analisi della tendenza del fosforo totale mostrato in Figura 91 in tre aree lungo la costa, prese come riferimento, conferma il trend negativo riscontrato anche negli ultimi anni.

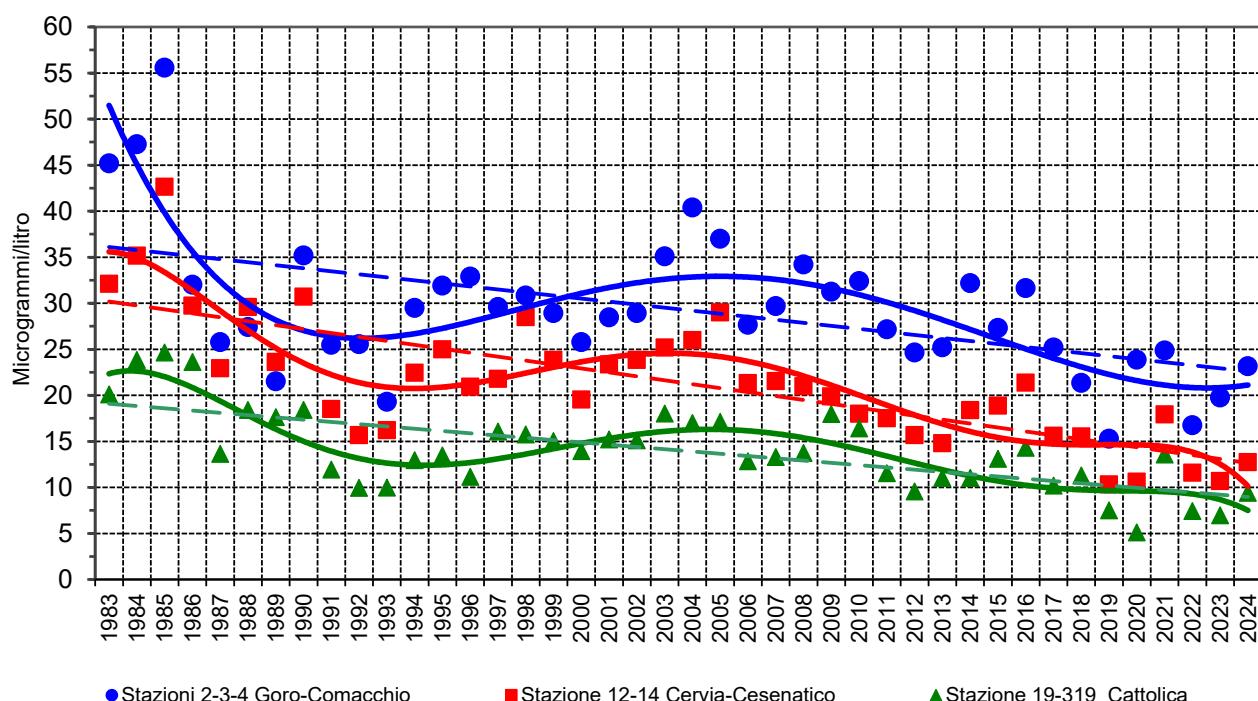


Figura 91 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale ($\mu\text{g/l}$) nel lungo periodo 1982-2024 in tre aree lungo la costa emiliano romagnola

A concludere nella Figura 92 vengono riportati gli andamenti del fosforo totale misurati in superficie a confronto con quelli misurati alla quota più bassa della colonna d'acqua, lungo il transetto di Porto Garibaldi. Si osserva una diminuzione delle concentrazioni superficiali nelle stazioni più al largo mentre sul fondo si registra una maggior variabilità del parametro sia in costa che al largo.

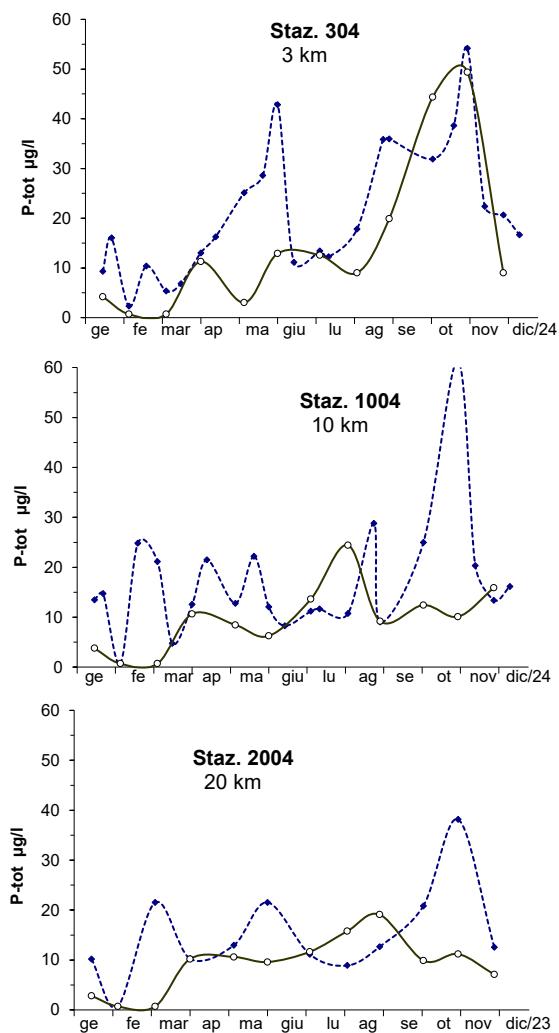


Figura 92 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo il transetto di Porto Garibaldi

4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO_2)

Nel 2024 l'andamento delle medie annuali della silice reattiva nelle acque superficiali si allinea con quello degli altri elementi nutritivi analizzati nei paragrafi precedenti con un evidente gradiente negativo nord sud (Figura 93). Anche per la silice il transetto davanti a Lido di Volano risulta essere quello con le concentrazioni più elevate a confronto con quelle delle altre stazioni e valori molto simili sia a 0.5 km che a 3 e 10 km al largo. Il valore medio più elevato a 0.5 km davanti a Lido di Volano è stato di 969.1 $\mu\text{g/l}$, mentre il valore più basso a 10 km davanti a Cattolica pari a 120.2 $\mu\text{g/l}$. Rispetto ai dati del 2023 si osserva un incremento delle concentrazioni in particolare nell'area più settentrionale anche nelle stazioni al largo; ad esempio a 20 km lungo la direttrice di Porto Garibaldi nel 2024 si è calcolata una concentrazione media pari a 601 $\mu\text{g/l}$ rispetto alla media di 140.1 $\mu\text{g/l}$ dell'anno precedente.

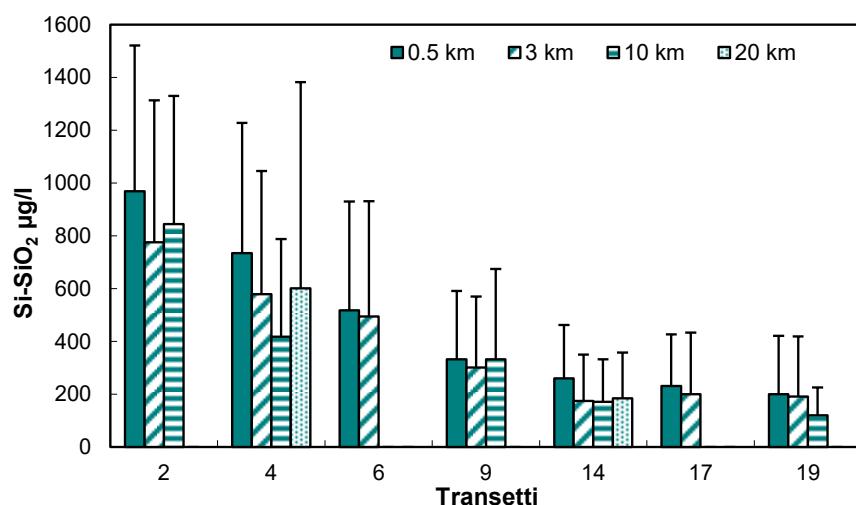


Figura 93 – Valori medi annuali e deviazione standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

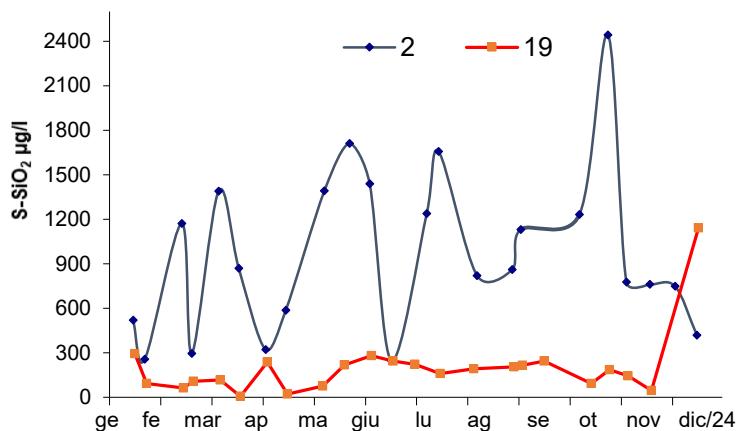


Figura 94 – Andamento temporale della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

Gli andamenti temporali delle concentrazioni analizzate nelle stazioni 2 e 19 posizionate una nella parte più a nord della costa e l'altra nella parte più a sud (Figura 94), rilevano un comportamento diverso del parametro confermando quanto visto con i valori medi. Le concentrazioni rimangono sempre più elevate nella stazione di Lido di Volano accompagnate anche da una maggior variabilità durante tutto l'anno.

Il valore più elevato misurato nel 2024 è stato di 2754 µg/l rilevato durante i controlli del 5 novembre a 20 km al largo davanti a Porto Garibaldi (stazione 2004) ma anche durante i controlli del 24 ottobre si sono misurate concentrazioni superiori ai 2000 µg/l in diverse stazioni localizzate nell'area più settentrionale della costa.

L'andamento medio stagionale calcolato nei punti di campionamento a 0.5 km dalla costa evidenzia ancora una volta valori più elevati nelle stazioni più settentrionali rispetto a quelle meridionali in tutte le stagioni (Figura 95). Nella maggior parte dei casi i valori più elevati si sono registrati in autunno e i più bassi in inverno e primavera. Le mappe di distribuzione della silice reattiva in superficie rappresentate in Figura 96 fotografano bene la distribuzione del parametro lungo la costa durante le quattro stagioni evidenziando come l'area più settentrionale abbia sempre i valori più alti.

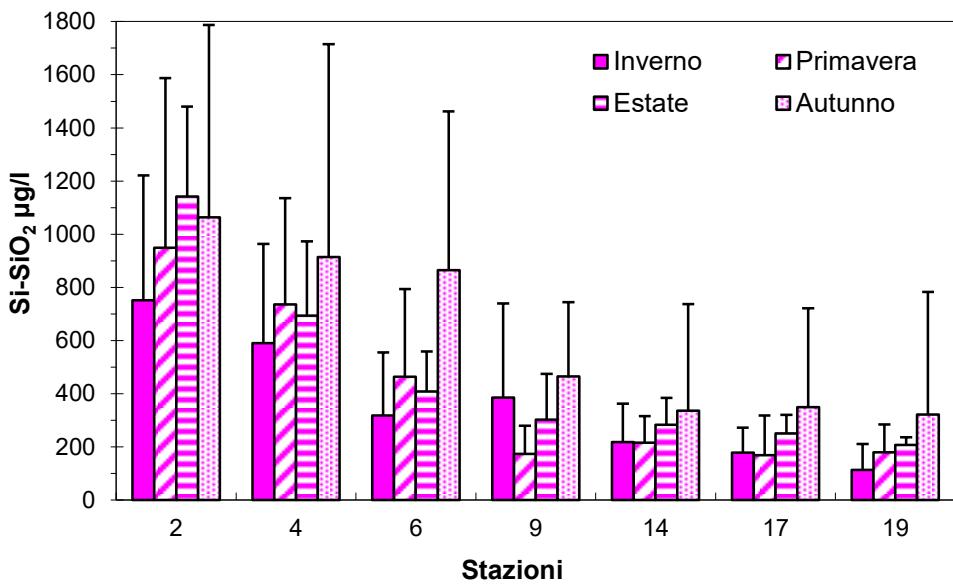


Figura 95 – Valori medi stagionali e deviazione standard della silice reattiva in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

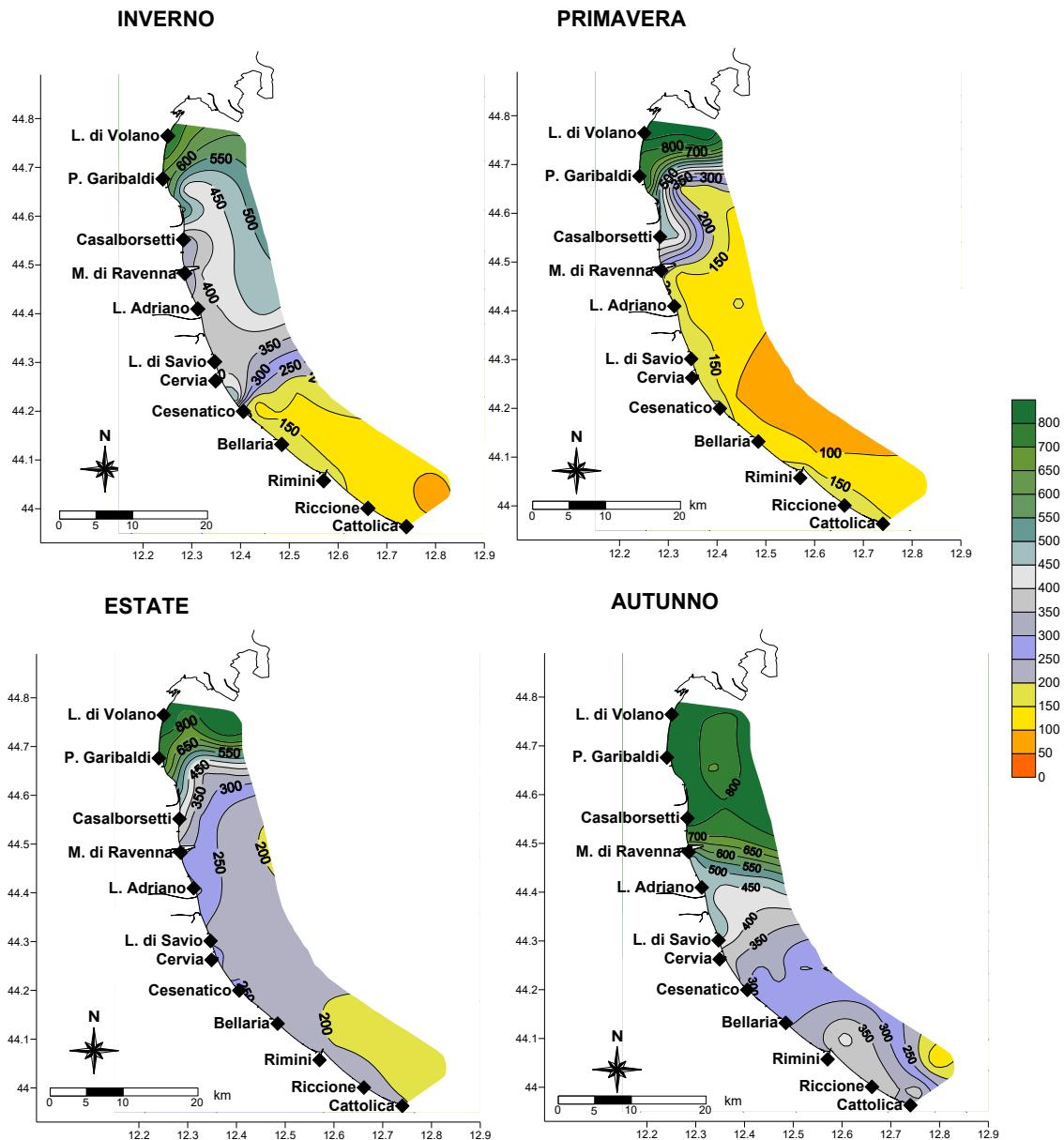


Figura 96 – Mappe di distribuzione della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo (media stagionale)

4.3.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

$$\text{N/P Ratio} = \frac{\text{N-(NO}_3\text{+NO}_2\text{+NH}_3)}{\text{PO}_4} = \frac{\text{DIN}}{\text{DIP}}$$

La componente DIN viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P importante per valutare la produttività delle acque marine. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo da sempre risulta l'elemento chiave nella determinazione del livello trofico in quanto risulta essere il fattore limitante la crescita algale. Questa condizione di fosforo limitazione rappresenta la quasi totalità dei casi mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di questa considerazione è legato al meccanismo secondo il quale il fitoplancton assume i nutrienti in soluzione secondo lo stesso rapporto molare che questi elementi hanno all'interno della biomassa algale, cioè N/P elementare = 16, riferito al peso atomico N/P = 7.2. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7.2 si afferma che il fosforo è il fattore limitante la crescita algale e l'azoto in eccesso presente nelle acque non può essere utilizzato dalle alghe. Questo significa che gli interventi mirati al miglioramento dello stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere una riduzione degli apporti di fosforo per abbassare il livello trofico.

Anche nel 2024 la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza lo stato qualitativo delle acque marine antistante l'Emilia-Romagna in quasi tutti i monitoraggi strettamente correlato ai livelli trofici in media elevati che contraddistinguono l'intera area.

Come si verificato anche in altri anni qualche eccezione a questa condizione si rileva durante la stagione estiva.

La distribuzione del rapporto N/P elaborato in alcune stazioni campione posizionate in un'area più settentrionale (Lido di Volano, stazioni 2-302), in una centrale (Cesenatico, stazioni 14-314) e una meridionale (Cattolica, stazioni 19-319) conferma un'elevata variabilità con i valori più bassi registrati solo nei mesi di agosto e settembre e non come accadeva negli anni precedenti a partire da giugno. Questa condizione è stata la conseguenza degli apporti cospicui di provenienza fluviale che si sono verificati per tutta l'estate 2024. (Figura 97).

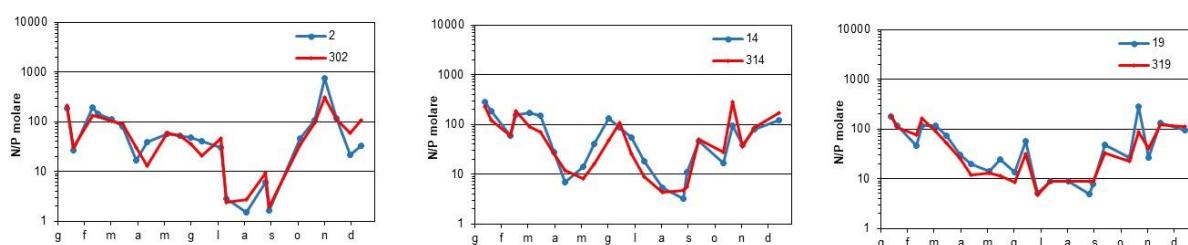
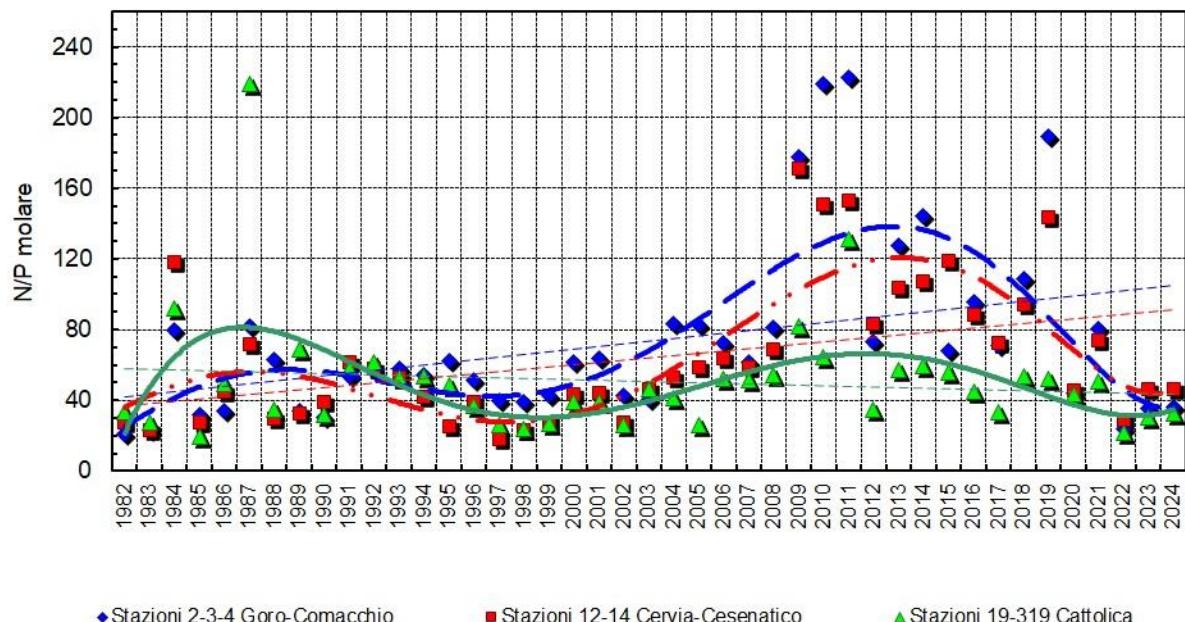


Figura 97 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per il rapporto N/P si è rappresentato il trend evolutivo considerando la media geometrica in tre aree considerate le più rappresentative lungo la costa. Il confronto con l'anno precedente evidenzia un lieve aumento nell'area più meridionale e una stabilità dei valori nelle restanti aree (Figura 98).



4.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

4.4.1 Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX)

Per la classificazione dello stato ambientale delle acque marino-costiere l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica, è considerato un elemento importante per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero, ripreso anche dalla normativa D.M. 260/10 recante i criteri di classificazione dello stato dei corpi idrici.

La scala trofica consente di impostare il sistema di classificazione di riferimento e di esprimere un giudizio di qualità, che scaturisce da condizioni riferite ai livelli di produttività ed agli effetti ambientali.

L'introduzione dell'Indice Trofico TRIX e dell'Indice di Torbidità TRBIX consente l'abbandono della categorizzazione trofica tradizionale e rende possibile la misura di livelli trofici in termini rigorosamente oggettivi.

L'Indice TRIX permette infatti di ottenere un sistema di sintesi dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici in modo da rendere le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche, evitando nello stesso tempo l'uso soggettivo di denominatori trofici tipici della terminologia limnologica.

I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice di trofia devono rispondere ai seguenti requisiti:

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque marino-costiere e quindi devono essere rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica che di dinamica della produzione stessa, identificando i fenomeni in maniera significativa e inequivocabile;
- prendere in considerazione i principali fattori causali ed esprimere la massima variabilità complessiva del sistema;
- essere basati su misure e parametri di routine solitamente rilevati nella maggior parte delle indagini marine e nell'ambito di campagne di monitoraggio costiero.

Il set di parametri utilizzati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX) si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla "a" in mg/m³
- Ossigeno dissolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: Ass[100 - O.D. %] = |O.D.%|

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in µg/l
- DIN azoto minerale dissolto (N-NO₃ + N-NO₂ + N-NH₃) in µg/l

L'analisi dei dati mostra che nessuno dei parametri selezionati per il TRIX si distribuisce in maniera normale. L'esperienza insegna che per i parametri di interesse, la semplice trasformazione Log-decimale è più che indicata per approssimare alla distribuzione normale quella dei dati grezzi.

Ricorrendo dunque ai logaritmi (Log_{10}), la struttura base dell'Indice TRIX diventa:

$$\text{Indice Trofico TRIX} = (\text{Log}[\text{Cha} \times |\text{OD}\%| \times N \times P] - [-1.5]) / 1.2$$

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare aperto), alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate).

Va comunque precisato che nella quasi totalità dei casi i valori di TRIX ricavati dai dati rilevati nelle diverse aree costiere sono compresi tra 2 e 8 unità.

In definitiva l'utilizzo del TRIX risponde a tre esigenze fondamentali:

- integrare più fattori indicatori del livello di trofia ed eliminare valutazioni soggettive basate su singoli parametri;
- ridurre la complessità dei sistemi costieri consentendo di assumere un valore quantitativo;
- discriminare tra diverse situazioni spazio-temporali, rendendo possibile un confronto di tipo quantitativo.

Una più dettagliata definizione dei criteri che hanno ispirato tale approccio potrà essere acquisita nella pubblicazione:

R.A.Vollenweider, F.Giovanardi, G.Montanari, A.Rinaldi (1998) Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

L'Indice TRIX viene inoltre richiesto nel D.M. 260/10, come elemento di qualità fisico-chimica (con i relativi limiti di classe) a supporto nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere. In base ai valori medi annui sono stati indicati i limiti di classe tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente" per ciascuno dei macrotipi individuati su base idrologica. Per il macrotipo "Alta stabilità" (in cui ricade l'area emiliano romagnola) il limite di classe TRIX, tra lo stato "Buono" e quello "Sufficiente", è 5.0.

In Figura 99 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni ubicate a 0,5 e 3 km dalla costa. Appare evidente un gradiente del valore medio/anno in diminuzione da nord verso sud e da costa verso il largo. Lo stato buono è raggiunto solo nelle stazioni a 3 km di Cesenatico, Rimini e Cattolica e nella stazione a 500 metri di Cattolica.

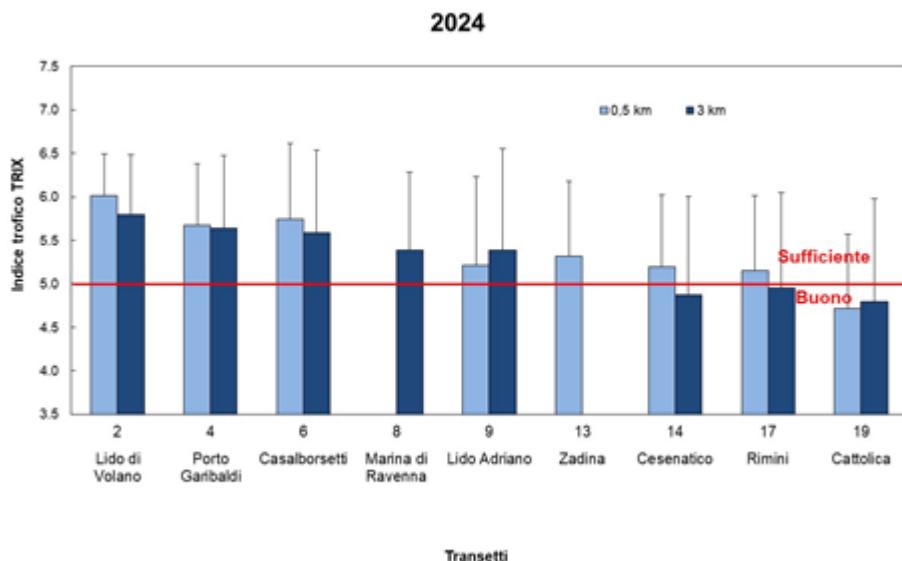


Figura 99 – Medie annuali del TRIX nel 2024 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Per i corpi idrici CD1 e CD2, individuati in applicazione del D.Lgs.152/06 (Figura 100), nel 2024 i valori medi annui del TRIX sono rispettivamente 5.7 e 5.1, identificando per entrambi uno stato trofico "Sufficiente". L'incremento dei valori medi di TRIX osservato nel 2024 rispetto al 2023 è attribuibile a un maggiore apporto di nutrienti da parte dei fiumi.

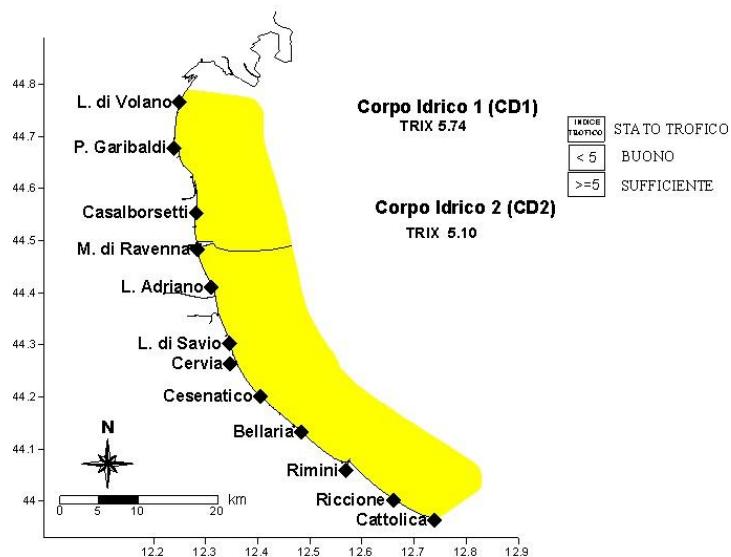


Figura 100 – Valori medi annuali 2024 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell'Indice Trofico TRIX nel periodo 2007-2024 rilevati in tre stazioni situate a 0,5 km dalla costa (Figura 101), si osserva un incremento dei valori rispetto a quelli registrati negli ultimi due anni. Nella stazione di Cattolica, il valore medio del TRIX si mantiene, come negli anni precedenti, inferiore a 5.

Confronto medie TRIX 2007-2024

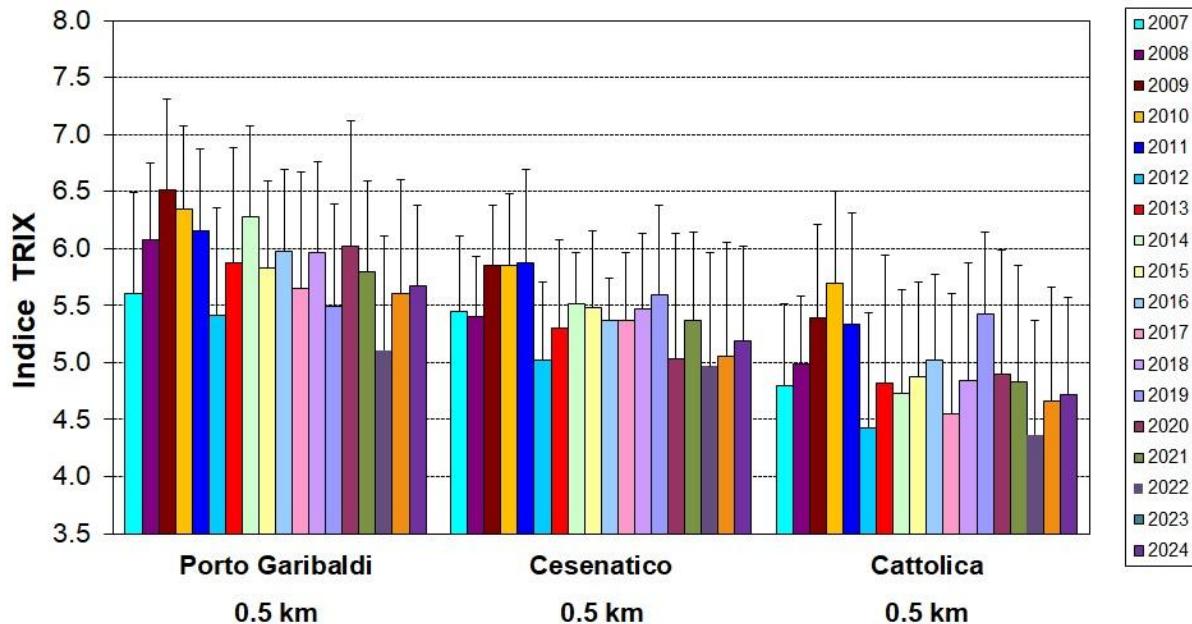


Figura 101 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2024 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

L’elaborazione dell’indice TRIX lungo l’intera fascia costiera, fino a 10 km al largo, ha evidenziato una condizione trofica “Sufficiente” (valori ≥ 5) durante i periodi invernale e autunnale. In queste stagioni, gli apporti fluviali hanno contribuito all’aumento del TRIX su gran parte della costa.

In primavera, tale condizione si è limitata al tratto centro settentrionale del litorale. Come nel 2023, nel periodo estivo, si è osservata una condizione di stato trofico “Buono” (valori < 5) lungo l’intero tratto di mare antistante la costa emiliano romagnola, fatta eccezione per una ristretta area a nord di Casalborsetti (Figura 102).

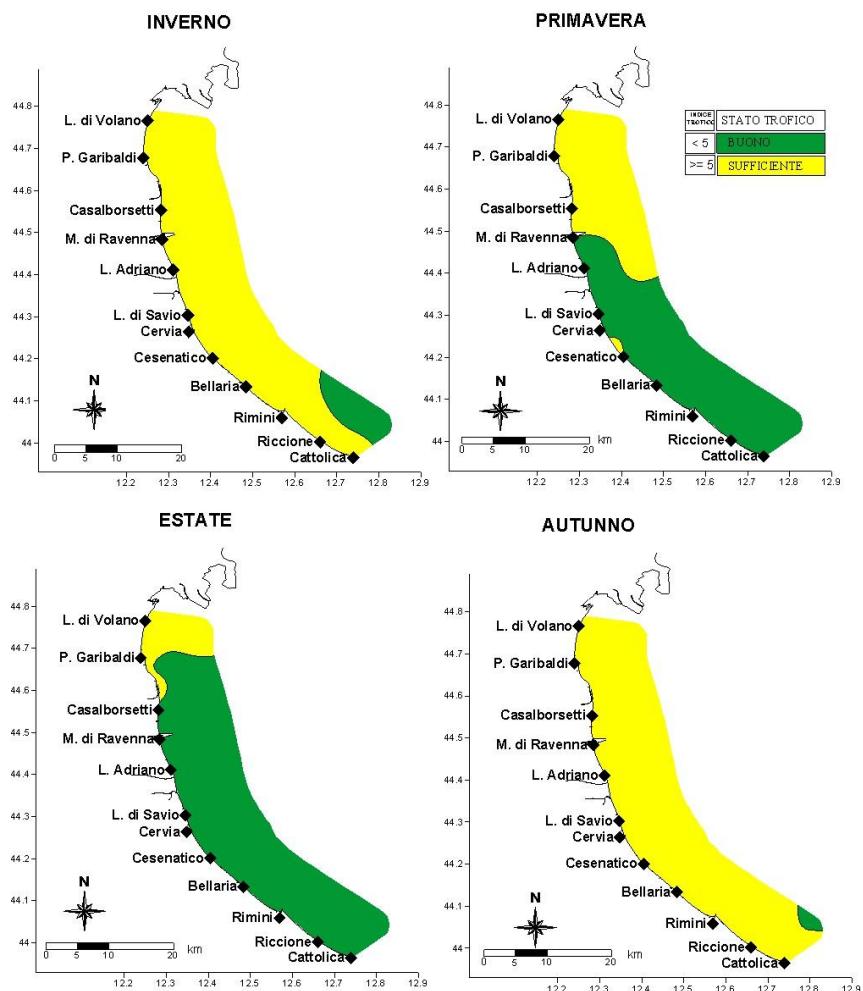


Figura 102 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali 2024)

4.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

L'Indice di Torbidità (TRBIX) rappresenta un interessante fattore ad integrazione per la valutazione delle condizioni ambientali dell'ecosistema costiero.

Facendo riferimento agli algoritmi impiegati si è cercato di applicare tale indice alle stazioni costiere confrontando contestualmente il suo andamento con quello del TRIX.

La trasparenza dell'acqua misurata con disco di Secchi costituisce un importante parametro nella definizione delle caratteristiche di qualità delle acque costiere in quanto esprime la capacità di penetrazione della luce e quindi l'estensione della zona eufotica; nello stesso tempo questa misura non può essere incorporata in un Indice Trofico usando gli stessi algoritmi utilizzati per gli altri fattori. Questo perché la trasparenza è la risultante di almeno tre componenti che determinano l'assorbimento della luce e processi di "scattering": a) le sostanze organiche disciolte (ad esempio gli acidi umici); b) la biomassa fitoplanctonica; c) la torbidità dovuta al particellato minerale.

Si può assumere che, eccetto particolari situazioni, le sostanze organiche disciolte non contribuiscono a breve scala temporale alla variabilità della trasparenza nelle acque marine; quest'ultima è determinata essenzialmente dalla biomassa fitoplanctonica e dal particellato inorganico minerale in sospensione.

Dalla elaborazione dei dati derivati dall'"EOCD Program" è stata ricavata una semplice relazione tra clorofilla "a" e trasparenza:

$$\text{TRSP}_{(p)} = 30/(1+\text{Ch}^{(0.7)})$$

La relazione Torbidità/Clorofilla "a" viene definita come il rapporto tra la trasparenza potenziale (p) e quella misurata (a):

$$\text{TRBR} = \text{TRSP}_{(p)} / \text{TRSP}_{(a)}$$

e l'indice di torbidità (TRBIX) è calcolato come logaritmo a base 2 del TRBR:

$$\text{TRBIX} = \log_2 (\text{TRBR})$$

Una semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosaturate riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0, se il TRBIX = 1, il contributo della clorofilla e del particellato inorganico risulta equivalente mentre se TRBIX = 2 la clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

In Figura 103 sono riportati gli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX nella stazione settentrionale (4) a confronto con quella meridionale (19).

In generale valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX superiori a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici sia nella stazione

4 sia nella stazione 19 dove ad alti valori di TRIX corrispondono valori più bassi di TRBIX.

Nel corso del 2024 si osserva una diminuzione di variabilità nel periodo estivo in entrambe le stazioni. Per entrambe si osservano molti valori di TRBIX superiori a 2, in particolare nella stazione di Porto Garibaldi, a testimonianza che nella determinazione della torbidità la componente inorganica particellata è spesso predominante rispetto alla biomassa microalgale.

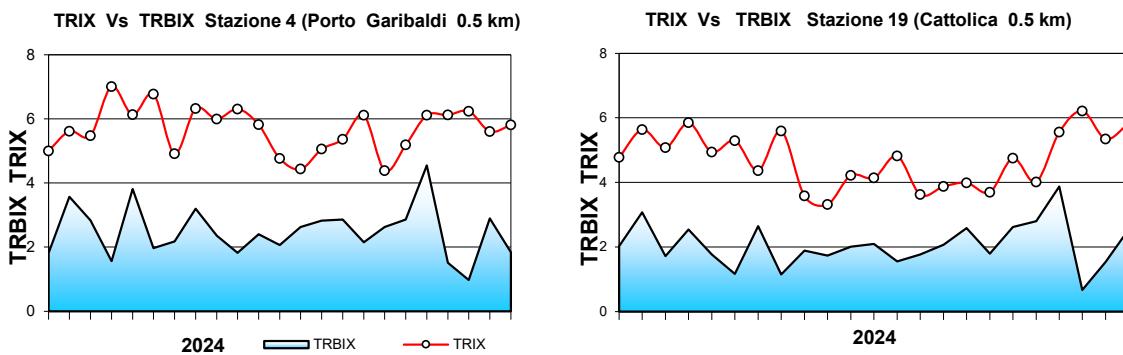


Figura 103 – Confronto tra l’andamento dell’indice trofico TRIX e l’indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

I dati dell’andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 104 attraverso l’utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all’interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

La localizzazione della combinazione dei valori all’interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata alla figura stessa.

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell’area compresa da Lido di Volano a Casalborsetti, la maggior parte dei valori si distribuisce nel quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate prevalentemente da fitoplancton; a seguire il quadrante A risulta ben popolato da punti. Nell’area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, CD2, i dati si distribuiscono prevalentemente nel quadrante A a sottolineare come in questa area le acque siano caratterizzate da una componente minerale e in parte nel quadrante B dove domina la componente fitoplanctonica.

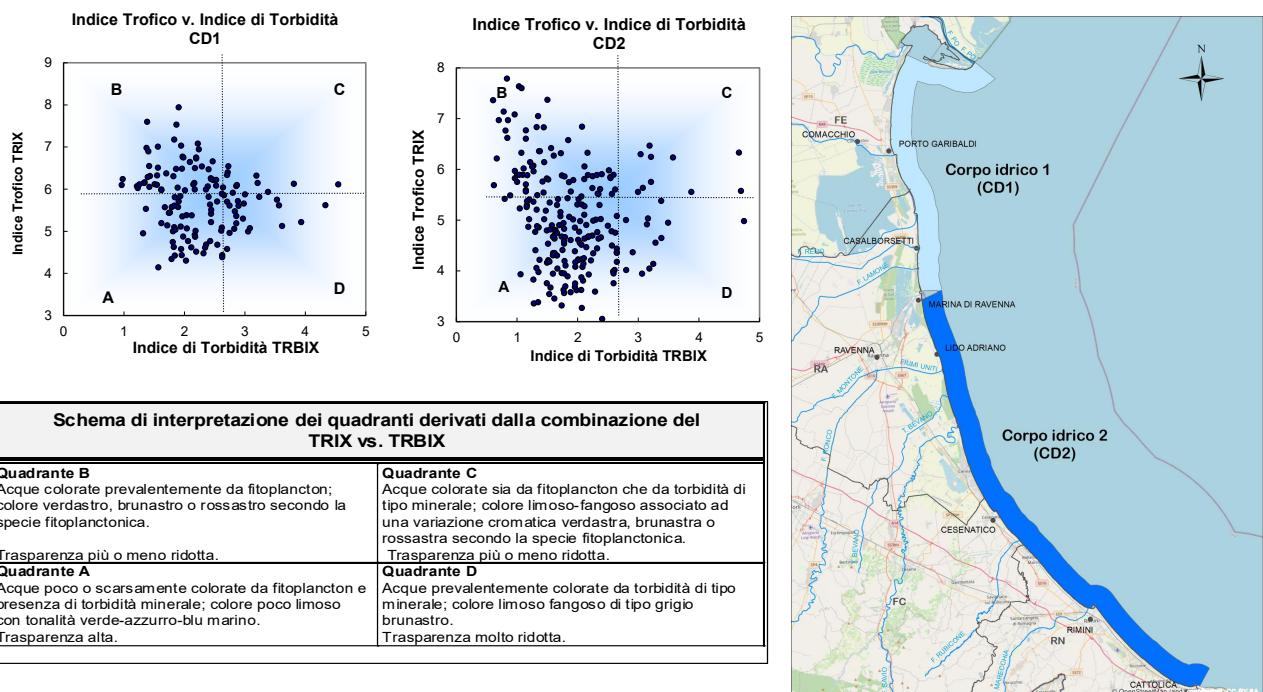


Figura 104 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di turbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadrati e relativa tabella di interpretazione

5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs. 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati (CD1 e CD2) sono stati inizialmente identificati come corpi idrici a rischio ai quali è stato applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.M. 260/10.

L'attività di monitoraggio finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere si basa sull'analisi di elementi che definiscono lo stato ecologico e lo stato chimico.

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato ecologico** sono:

- ✓ Elementi di Qualità Biologica (EQB);
- ✓ Elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB;
- ✓ Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB;
- ✓ Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità a sostegno degli EQB (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato chimico** sono gli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità ricercati nell'acqua e/o nel biota (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), e nel sedimento (tab. 2/A D.Lgs. 172/15). Per la definizione dello stato chimico, il D.Lgs. 172/15 introduce inoltre l'analisi della tendenza a lungo termine delle concentrazioni di alcune delle sostanze dell'elenco di priorità (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), che tendono ad accumularsi nei sedimenti e/o nel biota. Per lo studio della tendenza a lungo termine i dati raccolti durante il 2024 verranno successivamente elaborati nell'insieme dei dati dei monitoraggi annuali per valutare i trend ascendenti o discendenti degli inquinanti nelle diverse matrici.

Lo **stato di qualità ambientale** è l'espressione complessiva dello stato di un corpo idrico superficiale, determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico (art. 74, p.to 2, lett. p D.Lgs. 152/06), e viene attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2023-2025).

Vengono di seguito presentati i dati raccolti durante l'anno di monitoraggio operativo 2024 ed una prima elaborazione per la valutazione ambientale.

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06 è costituita da 22 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino a 3 km). Nella Tabella 3 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 105 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 2023-2025 è schematizzata in Tabella 4. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello stato ecologico e dello stato chimico e la relativa frequenza di indagine. Eventuali modifiche o specificazioni sono riportate nelle note alla Tabella 4.

Tabella 3 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Codice Stazione	Località	Corpo idrico	Distretto idrografico L. 221/15	Lat WGS84 (gg.ppddddd)	Lon WGS84 (gg.ppddddd)	Y ETRS89 fuso 32	X ETRS89 fuso 32	Prof (m)	Distanza costa (km)
2	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.457656	12.155128	4961763	757882	3.9	0.5
302	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.456876	12.174088	4961720	760389	6.7	3
4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396873	12.154228	4950505	758214	3.7	0.5
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.387070	12.155680	4950549	758405	3.8	1
304	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396934	12.172888	4950616	760679	9.1	3
Tecno	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.420335	12.177028	4954970	761051	10.5	4.3
6	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.332012	12.174568	4938605	761387	5.2	0.5
306	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.334052	12.193348	4939084	763857	10.2	3
308	Marina di Ravenna	CD2	Fiume Po	44.288990	12.192627	4930737	764101	8.1	3
9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.240749	12.195387	4921821	764830	5.4	0.5
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243270	12.197130	4922127	764749	6	1
309	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243089	12.213866	4922354	767265	9.4	3
13	Zadina	CD2	Fiume Po	44.136210	12.234420	4902680	770812	3	0.5
14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.127226	12.241524	4901056	771827	3.1	0.5
SFBC14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.128120	12.244910	4901235	772278	3	1
314	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.132626	12.258444	4902150	774038	8.3	3
Copra	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.130347	12.279503	4901846	776859	9.5	4.9
17	Rimini	CD2	Fiume Po	44.046585	12.350548	4886745	786995	4.3	0.5
317	Rimini	CD2	Fiume Po	44.058165	12.359907	4888943	788150	9.9	3
19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.582924	12.444691	4875519	800095	4.1	0.5
SFBC19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.590290	12.444320	4876915	800126	3.5	2
319	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.593664	12.455912	4877576	801504	11	3

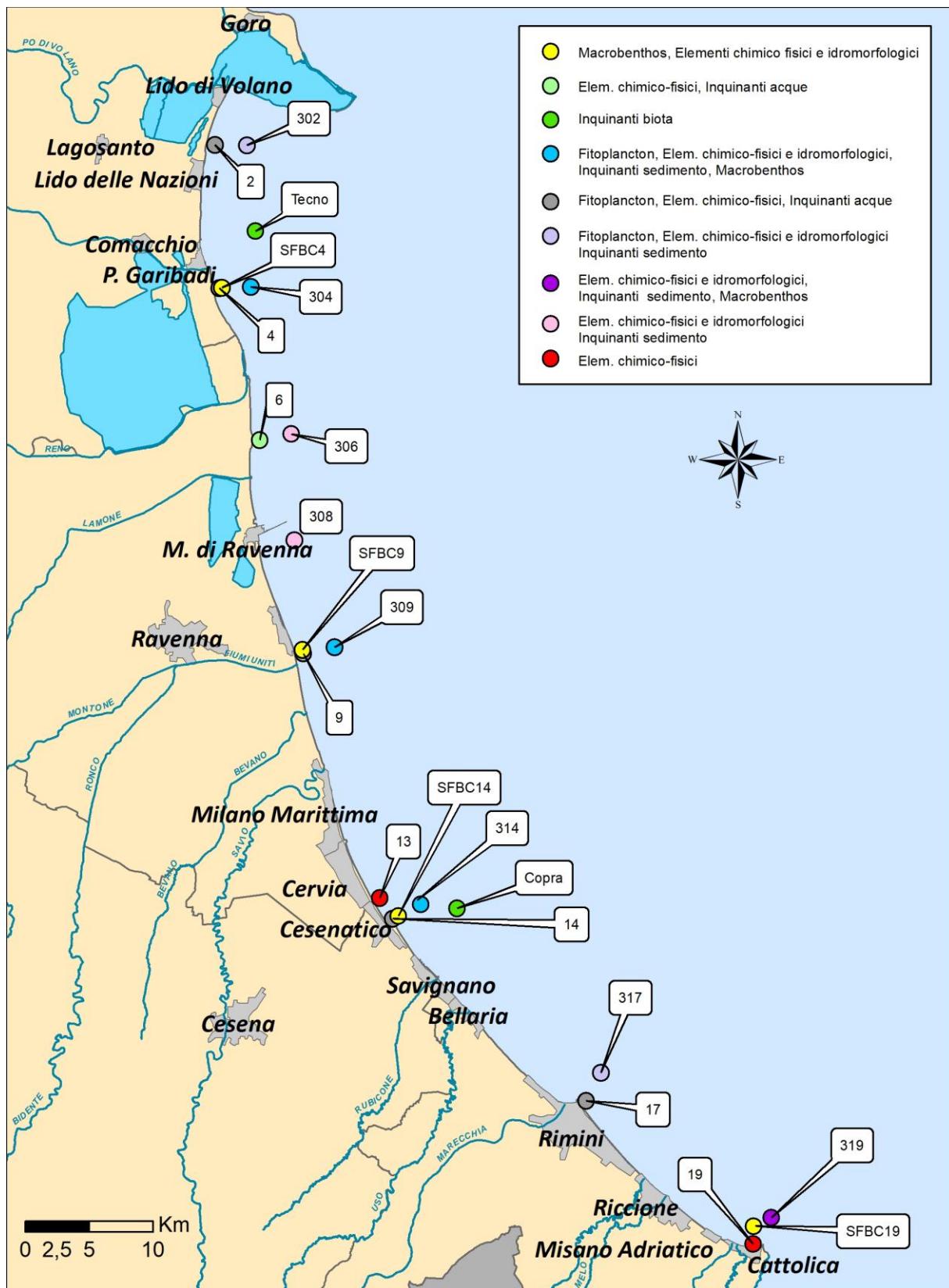


Figura 105 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

Tabella 4 – Rappresentazione schematica dell’attività di monitoraggio operativo programmata ai sensi del D.Lgs. 152/06, D.M. 260/10 e D.Lgs. 172/15: triennio 2023-2025

		ELEMENTI PER LO STATO ECOLOGICO					ELEMENTI PER LO STATO CHIMICO			
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)	Elementi chimico-fisici	Elementi Idromorfologici e fisico-chimici		Inquinanti specifici non appartenenti all’elenco di priorità	Inquinanti appartenenti all’elenco di priorità		Sostanze per l’analisi di tendenza	
		Fitoplancton	Macro zoobenthos	(*)	(**)	Granulometria TOC	Tab. 1/B DLgs 172/15	Tab. 1/A DLgs 172/15	Tab. 2/A DLgs 172/15	Tabb. 1/A (trend), 3/A e 3/B DLgs 172/15 (*****)
Matrice	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA(***)	BIOTA(****)	SEDIMENTO	SEDIMENTO
Frequenza di indagine	Mensile	Semestrale	Quindicinale	In continuo	Semestrale	Mensile	Mensile	Annuale	Semestrale	Semestrale
2										
302										
4										
SFBC4										
304										
Tecno										
6										
306										
308										
9										
SFBC9										
309										
13										
14										
SFBC14										
314										
Copra										
17										
317										
19										
SFBC19										
319										

Note alla Tabella 4

(*) Nutrienti, ossigeno disciolto, clorofilla "a", temperatura, salinità, trasparenza.

(**) Direzione e altezza onde; direzione e velocità delle correnti marine.

(***) Dal 01/01/2020, oltre ai parametri n. 1-33 della Tab. 1/A DLgs 172/15, si aggiungono i parametri n. 36 (Chinossifen), n. 38 (Aclonifen), n. 40 (Cibutrina), n. 45 (Terbutrina) della medesima tabella. I parametri n. 39 (Bifenox), n. 41 (Cipermetrina), n. 42 (Diclorvos) e n. 44 (Eptacloro ed eptacloro epossido) risultano non fattibili. I cloroalcani C10-13 sono monitorati con frequenza triennale (nel 2025 per il triennio 2023-2025).

(****) Parametri n. 5 (Difenileteri bromurati), n. 9 (DDT totale), n. 16 (Esaclorobenzene), n. 17 (Esaclorobutadiene), n. 21 (Mercurio e composti), n. 34 (Dicofol), n. 35 (PFOS e suoi sali) e n. 37 (Diossine e composti diossina-simili) della Tab. 1/A DLgs 172/15. Previa verifica di fattibilità analitica sarà ricercato nella matrice biota anche il parametro n. 43 (Esabromociclododecano – HBCDD). Il parametro n. 44 (Eptacloro ed eptacloroepossido) risulta non fattibile. Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo purché lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione.

L'analisi dei molluschi prelevati ai fini degli artt. 87 e 88 del DLgs 152/06 (Rete vita molluschi) sarà integrata con i parametri n. 15 (Fluorantene) e n. 28 (Benzo(a)pirene), in quanto per queste sostanze l'SQA indicato nel DLgs 172/15 si riferisce ai crostacei e ai molluschi. L'analisi verrà effettuata in 4 punti di monitoraggio: MAR - area marina antistante Porto Garibaldi adibita all'allevamento di mitili; COST1 - banco naturale nei pressi di Porto Garibaldi; M4 - area marina antistante Ravenna adibita all'allevamento di mitili; P3 - Piattaforma Anemone.

(*****) Dal 01/01/2020, oltre ai parametri delle Tabb. 3/A e 3/B e della Tab. 1/A (DLgs 172/15, art. 1, comma 1, lett. m) n. 26 (Pentaclorobenzene) e n. 44 (Eptacloro ed eptacloro epossido), in via sperimentale e previa verifica di fattibilità analitica, per l'analisi della tendenza a lungo termine saranno ricercati nel sedimento con frequenza almeno triennale anche i parametri n. 7 (Cloroalcani C10-13), n. 12 (Di(2-etilesil)ftalato - DEHP), n. 36 (Chinossifen), n. 43 (Esabromociclododecano - HBCDD). I parametri n. 36 (Chinossifen) e n. 43 (Esabromociclododecano - HBCDD) risultano non fattibili.

5.2 ANALISI DEI RISULTATI

5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna si ha in genere una scarsa presenza di macroalge su substrati naturali e risultano assenti le fanerogame marine. Il monitoraggio degli Elementi Qualitativi Biologici (EQB) è limitato, quindi, alla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton e dei macroinvertebrati bentonici.

5.2.1.a *Fitoplancton*

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 10 dislocate su 5 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di costa. La frequenza di indagine del fitoplancton è stata mensile per tutte le stazioni (Tabella 4). Il numero e l'ubicazione delle stazioni di indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato da fioriture algali e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera.

L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trenta anni di monitoraggi a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal D.M. 260/10.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton è finalizzata alle seguenti valutazioni:

- abbondanza (cell/l) e composizione di Diatomee;
- abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoflagellate;
- abbondanza (cell/l) e composizione di Altro fitoplancton.

Sono inoltre segnalati, se presenti, gli eventi di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive. Le analisi quantitative dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine permettono di integrare il dato della clorofilla "a" per valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia sulle produttività, sia su altrettanti parametri fisico-chimici delle acque come le concentrazioni di ossigeno dissolto, la variazione della trasparenza, il pH. L'analisi qualitativa ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee e Dinoflagellate, all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sotto la voce "Altro fitoplancton" si considera il fitoplancton marino appartenente ai phyla: Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cianobacteria, Euglenozoa, Haptophyta, Heterokontophyta, Katabletarophyta, Ochrophyta ed il fitoplancton (in particolare fitoflagellati) di dimensioni inferiori a 20 µm (nano-fitoplancton), che può rappresentare una frazione elevata della popolazione

microalgale totale e che in determinate occasioni, può generare blooms con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

Le Diatomee occupano circa l'84% della biomassa del fitoplancton totale e presentano un tipico andamento annuale nelle stazioni sottocosta con fluttuazioni stagionali di abbondanza (Figura 106).

Il 2024 si configura come un anno estremamente piovoso (Figura 39) con frequenti e regolari precipitazioni che hanno favorito diversi episodi eutrofici. In particolare i due eventi eccezionali, caratterizzati da fioriture di diatomee, si sono verificati a settembre e ottobre. Nella prima parte dell'anno, fino al mese di marzo, entrambi i corpi idrici sono stati interessati da elevate abbondanze di diatomee (*Skeletonema* spp.) con il picco massimo nel mese di febbraio. Nei mesi primaverili ed estivi si osservano abbondanze variabili ma comunque inferiori alle fioriture invernali. Il termine dell'estate e l'inizio dell'autunno sono stati caratterizzati da precipitazioni particolarmente intense nell'area orientale della regione, che hanno determinato un consistente incremento degli apporti di acqua dolce in mare, soprattutto nel mese di ottobre. Tale dinamica ha favorito una nuova fioritura di diatomee, riconducibile a *Chaetoceros socialis*, con un picco di abbondanza registrato nel mese di novembre che ha interessato uniformemente tutte le stazioni monitorate.

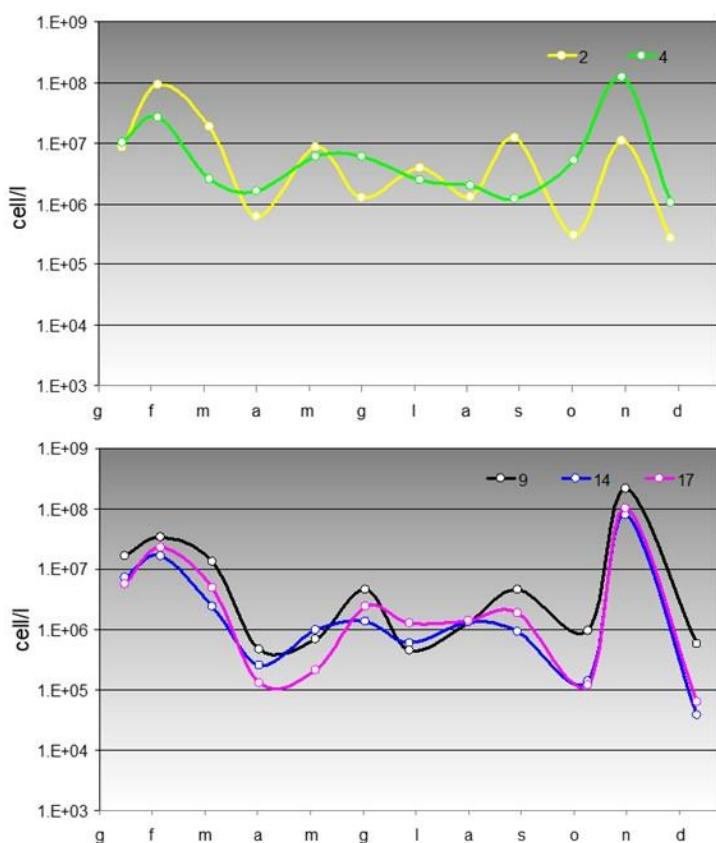


Figura 106 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

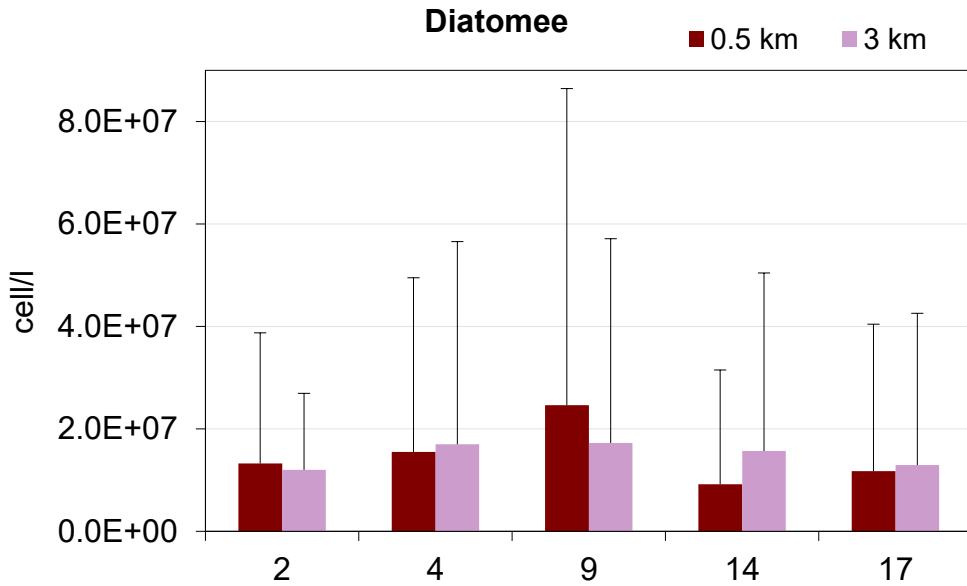


Figura 107 - Medie annuali e deviazioni standard SD delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 107 si riportano le medie annuali e le relative deviazioni standard per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. In generale le abbondanze medie risultano simili tra le aree sotto costa e quelle a 3 km ad eccezione delle stazioni 9 e 14 che evidenziano differenze tra loro più marcate con condizioni opposte tra loro. Le medie annuali più alte sono quelle misurate alla stazione 9, influenzata in diverse occasioni oltre che dagli apporti padani anche dalle piene dei fiumi appenninici della valle del Lamone ed in occasione dell'evento eutrofico di novembre, questa stazione ha raggiunto la massima densità cellulare annuale (2.2×10^8 cell/l).

In Figura 108 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Le abbondanze medie maggiori si sono verificate in inverno e autunno. Il CD1 presenta valori maggiori rispetto al CD2 ad eccezione delle medie autunnali, quando infatti la fioritura di *C. socialis* presentava abbondanze maggiori a sud.

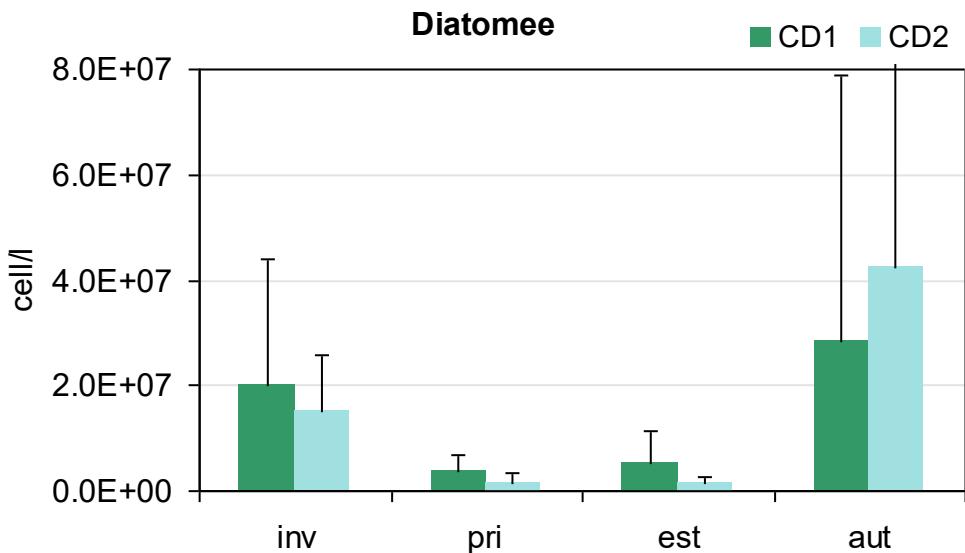


Figura 108 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard SD delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2 (autunno SD max CD2 = +1.0E+08)

In Figura 109 sono mostrati i taxa prevalenti identificati nell'anno 2024. I generi *Chaetoceros* e *Skeletonema* (Figura 110), dominano sia in termini di frequenza che di media annuale. Il primo presenta specie ritrovate frequentemente in primavera e altre più estive o autunnali (rispettivamente *C. tenuissimus*, *C. simplex* e *C. rostratus*, *C. curvisetus*), mentre *Skeletonema* è tipicamente invernale. I generi *Pseudo-nitzschia* e *Cylindrotheca* sono inoltre frequentemente trovati rispettivamente in primavera ed estate.

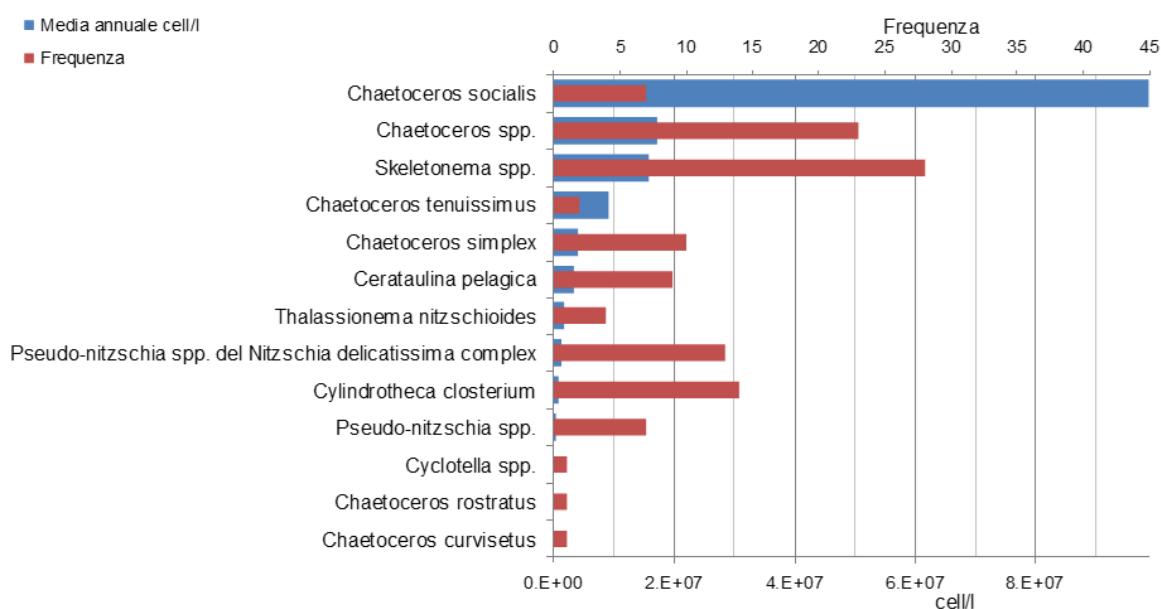


Figura 109 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

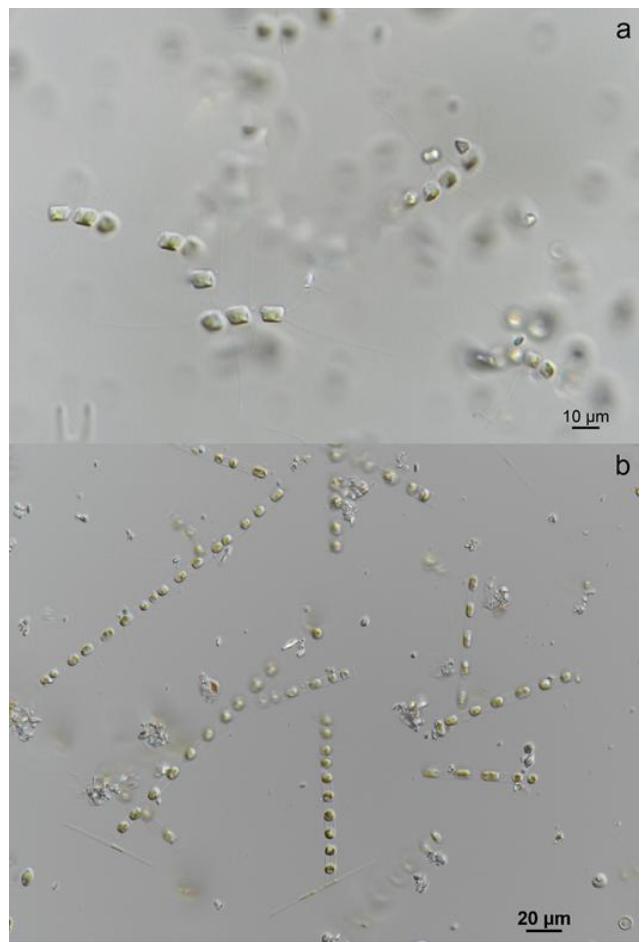


Figura 110 - Foto al microscopio ottico di a) *Chaetoceros socialis* e b) *Skeletonema* spp. (Archivio Daphne)

Le Dinoflagellate compongono circa l'1% dell'abbondanza totale del fitoplancton e le loro abbondanze medie sono di circa 2 ordini di grandezza inferiori rispetto alle Diatomee. Le stazioni settentrionali a 500 m dalla costa (Figura 111) mostrano abbondanze elevate nei mesi di maggio, giugno ed agosto, con proliferazione di *Procentrum cordatum* e *Gymnodiniales*. Inoltre la stazione 2 a marzo ed ottobre registra due picchi elevati di abbondanza dovuti a fioriture di *Heterocapsa rotundata*. Nel CD2 si evidenziano abbondanze elevate nei mesi di gennaio, marzo, giugno ma soprattutto a novembre, principalmente riconducibili a specie atecate dell'ordine *Gymnodiniales*.

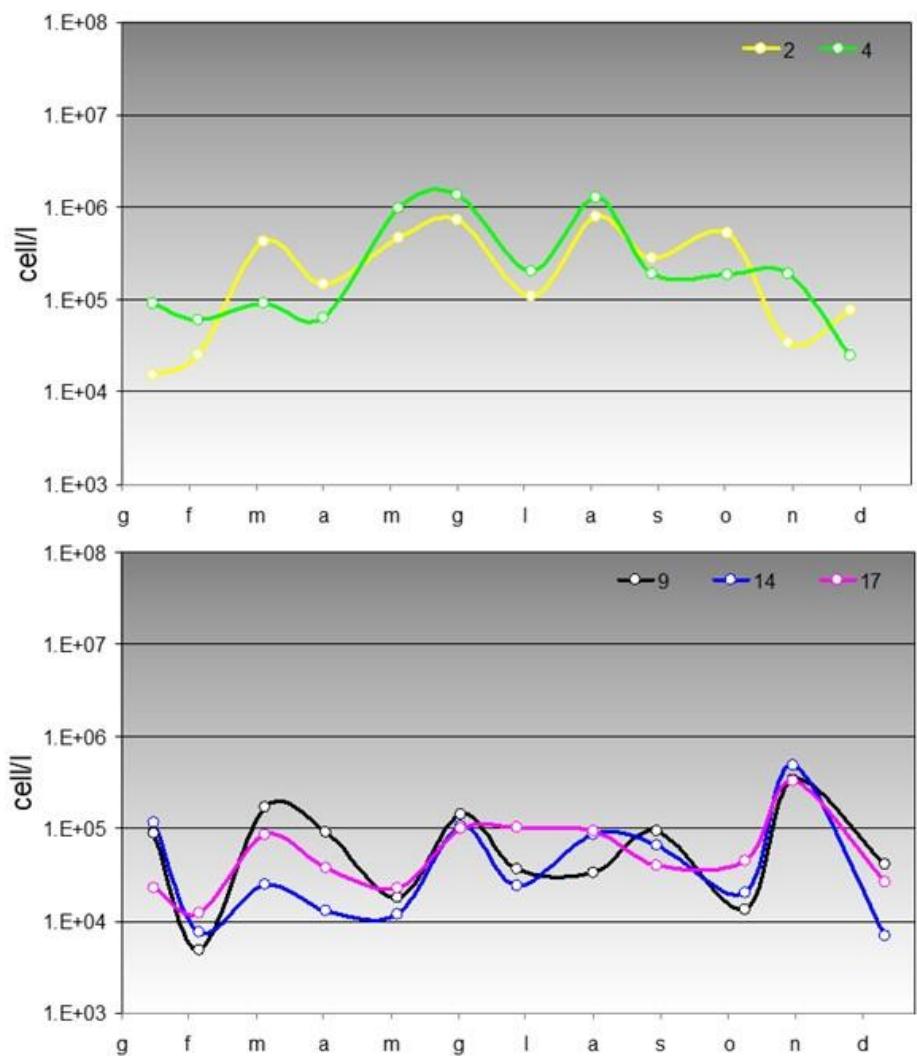


Figura 111 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

A partire dalla fine del mese di giugno e fino a settembre lungo gran parte della costa emiliano romagnola ed in particolare nel CD2, si segnala la presenza della Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis*, responsabile della produzione di formazioni mucillaginose in colonna d'acqua, che sono affiorate in superficie creando un impatto visivo significativo. L'abbondanza massima di *G. fragilis* è stata rilevata alla stazione 14 di Cesenatico nel mese di agosto con 6.7×10^4 cell/l; tuttavia ulteriori campionamenti eseguiti da terra a pochi metri dalla battigia, sempre nel mese di

agosto, hanno evidenziato concentrazioni più elevate, con valori superiori a 3×10^5 cell/l nelle stazioni di Cesenatico e Rimini. Come mostrato in Figura 112 i transetti 2 e 4, rispettivamente Lido di Volano e Porto Garibaldi, evidenziano le abbondanze medie annuali maggiori sia nelle stazioni sottocosta sia che in quelle al largo. La stazione 4 con le abbondanze più elevate presenta anche una grande variabilità annuale dovuta all'influenza delle portate di acque dolce del Po. Il CD2 presenta invece abbondanze medie leggermente maggiori a 3 km dalla costa ed una variabilità inferiore.

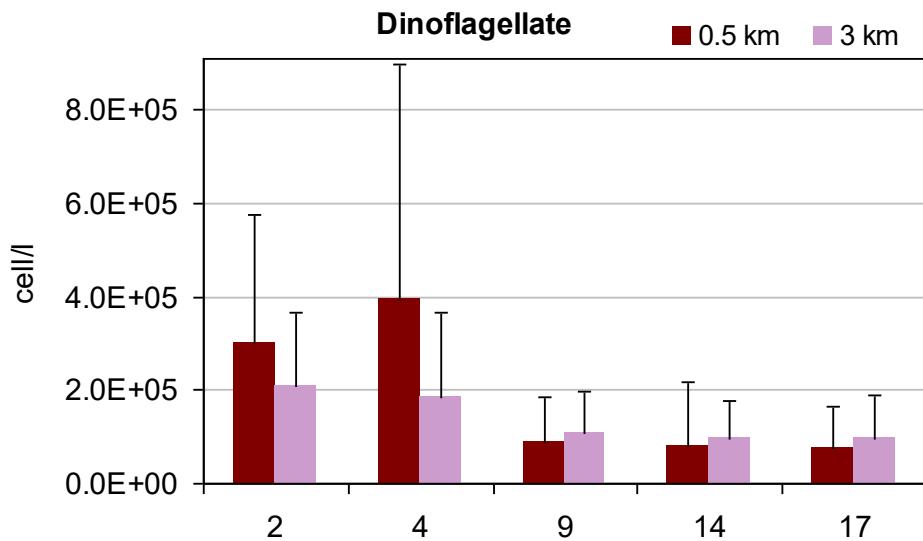


Figura 112 - Medie annuali e deviazioni standard SD delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Le medie stagionali per corpo idrico e le relative deviazioni standard (Figura 113), mostrano le abbondanze più elevate nel CD1, sia in primavera, a seguito delle abbondanti piogge del mese di maggio con fioriture di *Prorocentrum cordatum* ed *Heterocapsa rotundata*, sia in estate quando le condizioni di scarso idrodinamismo hanno avvantaggiato le Dinoflagellate. In particolare nel periodo estivo si segnala la proliferazione nel transetto 4 di *Peridiniella* spp. Il CD2 presenta un'abbondanza sempre inferiore con valore massimo nel periodo autunnale quando le precipitazioni intense hanno favorito la crescita soprattutto di specie dell'ordine Gymnodiniales.

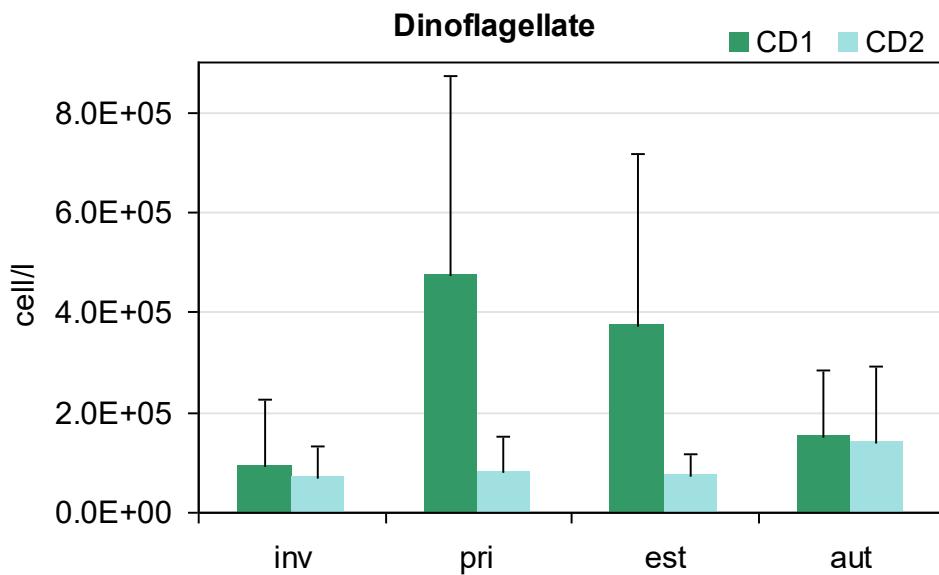


Figura 113 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard SD delle abbondanze delle Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa prevalenti rilevati durante l'anno 2024 (Figura 114) in termini di frequenza sono specie atecate appartenenti all'ordine delle Gymnodiniales, che risultano frequenti durante tutto l'anno, seguite da *P. cordatum*. Anche in termini di abbondanza media annuale, questa specie è tra le più rappresentative ed è preceduta solo da *Peridiniella* spp. e *Gyrodinium* spp.

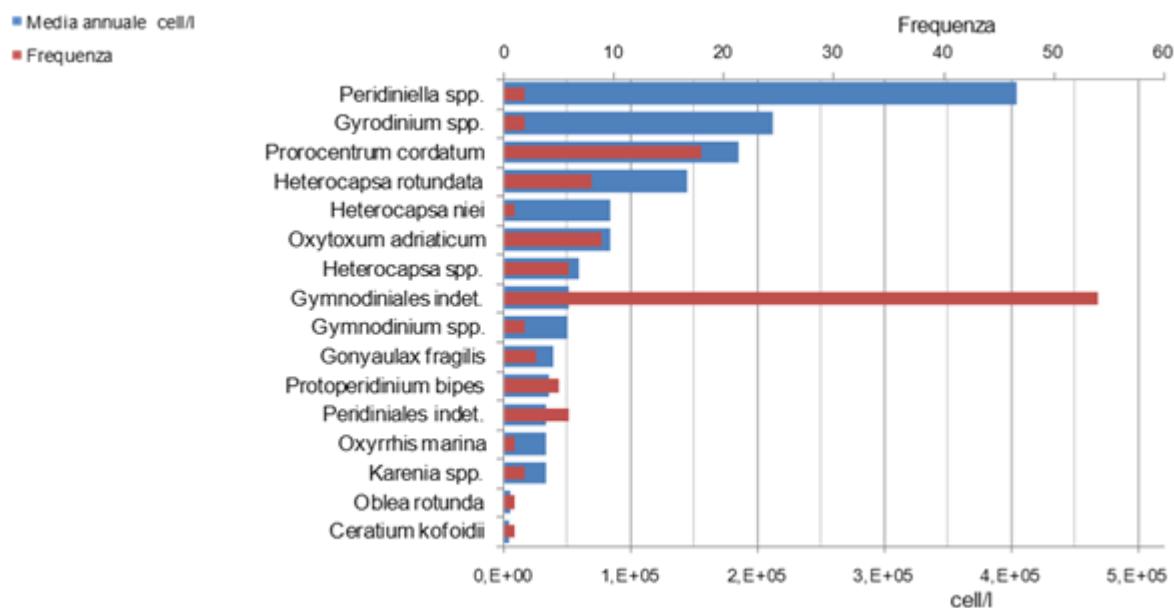


Figura 114 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoflagellate)

In Figura 115 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle singole stazioni sottocosta.

Il nanoplancton è particolarmente abbondante nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna durante tutto l'anno aggirandosi quasi sempre al di sopra delle 1×10^5 cell/l. In particolare il CD1 presenta le abbondanze maggiori anche se con un andamento piuttosto disomogeneo tra le due stazioni. L'abbondanza più elevata si è registrata nel mese di agosto alla stazione 2, che presenta anche un secondo picco nel mese di novembre. La stazione 4, particolarmente influenzata dalle portate di acque dolci del Po, presenta un picco di abbondanza nel mese di febbraio. Il CD2 presenta abbondanze mediamente inferiori con fluttuazioni quasi mensili.

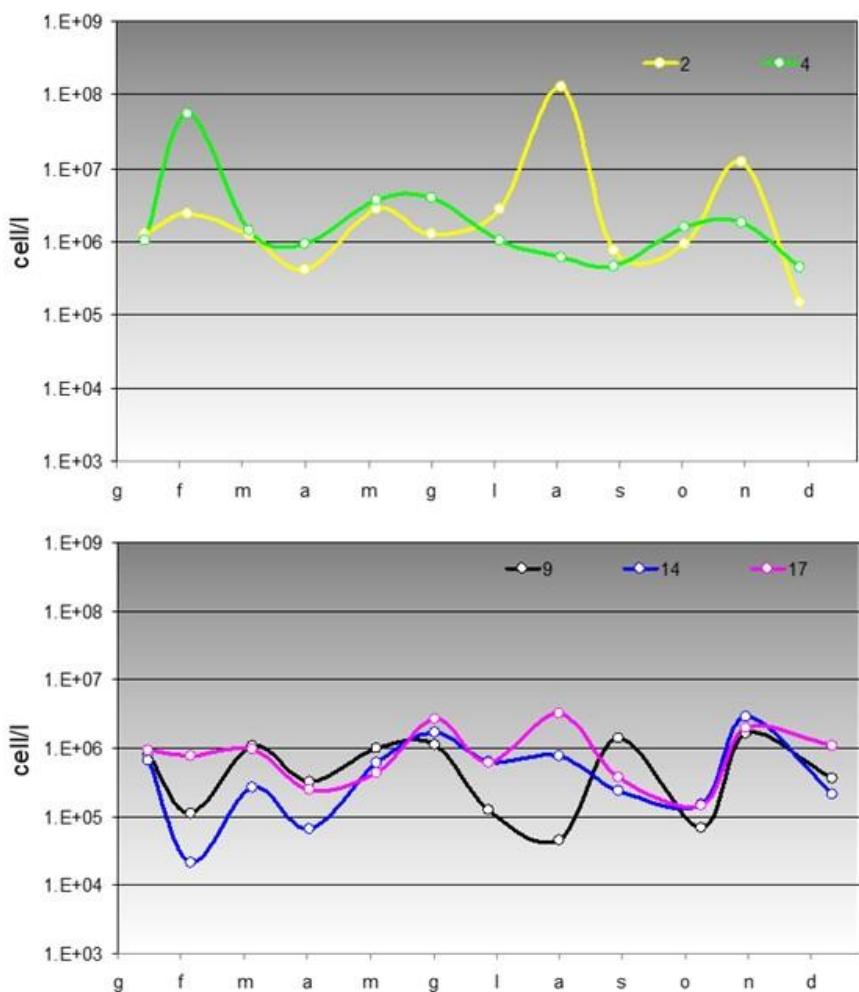


Figura 115 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 116) evidenziano per l'anno 2024 abbondanze medie annuali significativamente maggiori nelle stazioni sottocosta 2 e 4, caratterizzate tuttavia da una ampia variabilità annuale, mentre si evidenziano abbondanze basse e piuttosto omogenee in tutte le stazioni del CD2 e delle stazioni del CD1 a 3 km dalla costa.

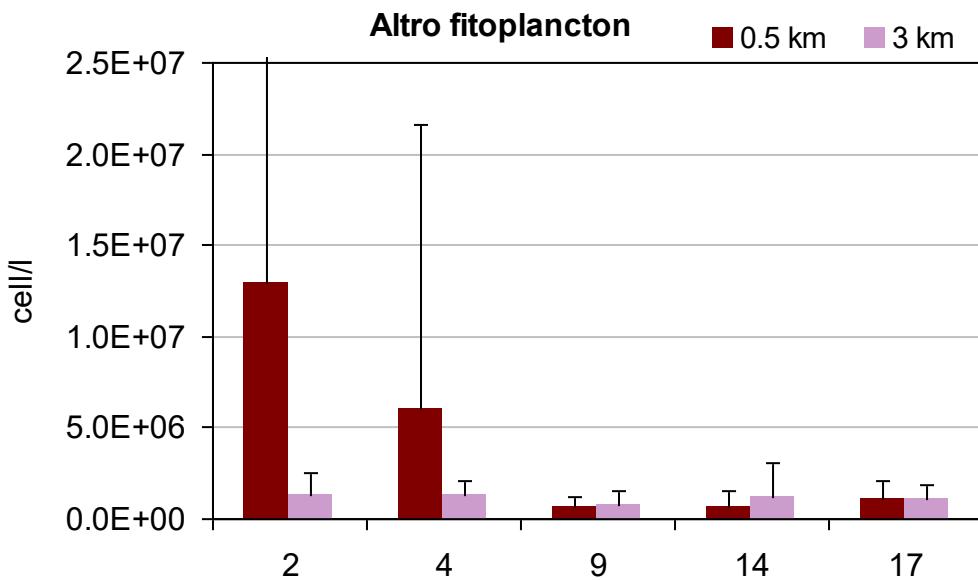


Figura 116 - Medie annuali e deviazioni standard SD delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km (stazione 2 SD max 0.5 km = +5.0E+07)

Le elevate abbondanze medie estive del CD1 sono da riferirsi principalmente al fenomeno eutrofico localizzato alla stazione 2 di agosto (Figura 117). Inoltre abbondanze elevate soprattutto nel CD1 si evidenziano nei mesi invernali, quando le abbondanti piogge di marzo hanno contribuito al rilascio di elementi nutritivi in mare con conseguente fioritura di nanoplanocton.

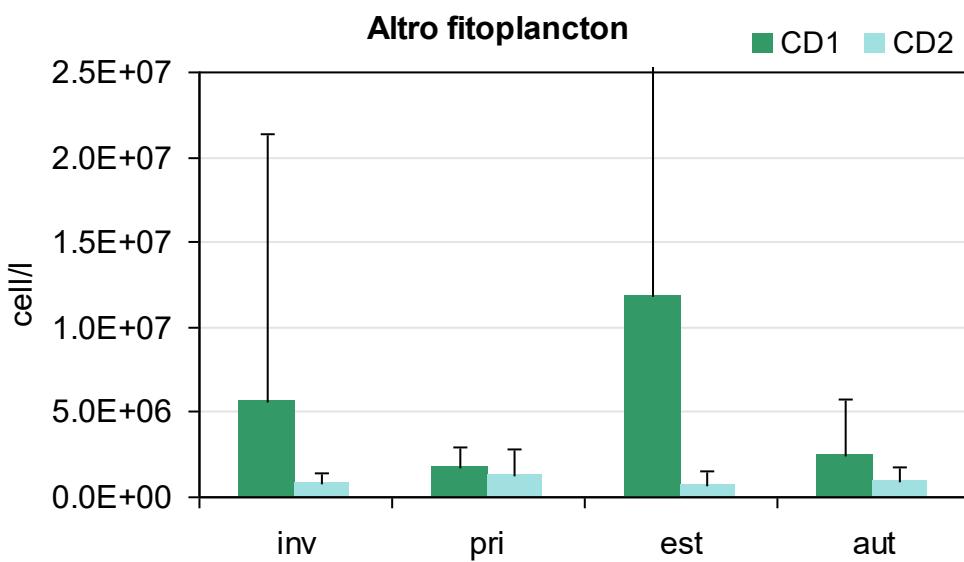


Figura 117 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard SD dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2 (estate SD max CD1 = +5.0E+07)

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2024 durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni, mentre in Tabella 6 si riporta la lista di tutti i taxa identificati.

Tabella 5 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2024

Gruppo	TAXON	Autore
Diatomee	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Diatomee	<i>Chaetoceros curisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Diatomee	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros spp.</i>	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Diatomee	<i>Cyclotella spp.</i>	(Kützing) Brebisson, 1838
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	H. Paragallo, 1900
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia delicatissima complex</i>	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Skeletonema spp.</i>	Greville, 1865
Diatomee	<i>Thalassionema nitzschiooides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Dinoflagellate	<i>Ceratium kofoedii</i>	JØrgensen, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gymnodiniales indet.</i>	Apstein, 1909
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium spp.</i>	Stein, 1878
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morril & Loeblich III, 1981
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen, 1995
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa spp.</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Karenia spp.</i>	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Peridiniales indet.</i>	Haeckel, 1894
Dinoflagellate	<i>Peridiniella spp.</i>	Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Procentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974

Tabella 6 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2024

Gruppo	Specie	Autore
Diatomee	<i>Achnanthes spp.</i>	Bory de Saint-Vincent, 1822
Diatomee	<i>Amphora spp.</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Diatomee	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Diatomee	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Diatomee	<i>Asterionella spp.</i>	Hassal, 1850
Diatomee	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Diatomee	<i>Asteromphalus flabellatus</i>	(Brébisson) Greville, 1859
Diatomee	<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	Wallich, 1860
Diatomee	<i>Asteromphalus sp.</i>	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Aulacoseira cf. granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Diatomee	<i>Aulacoseira granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Diatomee	<i>Aulacoseira spp.</i>	Thwaites, 1848
Diatomee	<i>Bacillariophyceae indet.</i>	

Gruppo	Specie	Autore
Diatomee	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Diatomee	<i>Biddulphia</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Diatomee	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Diatomee	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros brevis</i>	F.Schütt, 1895
Diatomee	<i>Chaetoceros cf. similis</i>	Cleve, 1896
Diatomee	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Diatomee	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros densus</i>	Cleve, 1899
Diatomee	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Chaetoceros diversus</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Diatomee	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	Brightwell, 1856
Diatomee	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	Mangin, 1910
Diatomee	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Diatomee	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Diatomee	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Diatomee	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Diatomee	<i>Coccconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Diatomee	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Diatomee	<i>Coscinodiscus centralis</i>	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Diatomee	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Diatomee	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Diatomee	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Diatomee	<i>Diatoma</i> spp.	Bory de Saint-Vincent, 1824
Diatomee	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Diatomee	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Diatomee	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg, 1845
Diatomee	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Diatomee	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Diatomee	<i>Fragilaria crotensis</i>	Kitton, 1869
Diatomee	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Diatomee	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Diatomee	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Gyrosigma fasciola</i>	(Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey 1856
Diatomee	<i>Gyrosigma</i> spp.	Hassal, 1845
Diatomee	<i>Haslea</i> spp.	Simonsen, 1974
Diatomee	<i>Haslea wawrikiae</i>	Simonsen, 1974
Diatomee	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Diatomee	<i>Hemiaulus sinensis</i>	Greville, 1865
Diatomee	<i>Hemiaulus</i> spp.	Heiberg, 1863
Diatomee	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Diatomee	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889

Gruppo	Specie	Autore
Diatomee	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Diatomee	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Diatomee	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Diatomee	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Diatomee	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Diatomee	Naviculaceae indet.	Kützing, 1844
Diatomee	Naviculales indet.	Bessey, 1907
Diatomee	<i>Nitzschia sigma</i>	W. Smith, 1853
Diatomee	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Diatomee	<i>Odontella</i> spp.	C. Agardh, 1832
Diatomee	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Diatomee	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Diatomee	Pleurosigmataceae indet.	Mereschowsky, 1903
Diatomee	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R. Hasle, 1993
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del	Hasle, 1964
Diatomee	<i>Nitzschia delicatissima</i> complex	
Diatomee	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del	Hasle, 1965
Diatomee	<i>Nitzschia seriata</i> complex	
Diatomee	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultz) B. G. Sundström, 1986
Diatomee	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858
Diatomee	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Diatomee	<i>Skeletonema tropicum</i>	Cleve, 1900
Diatomee	<i>Surirella</i> spp.	Turpin, 1828
Diatomee	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Diatomee	<i>Tenuicylindrus belgicus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Diatomee	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>punctigera</i>	(Castracane) Hasle, 1983
Diatomee	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Diatomee	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P. Compère, 2001
Dinoflagellate	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinoflagellate	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinoflagellate	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinoflagellate	<i>Amphidinium sphenooides</i>	Wülff, 1916
Dinoflagellate	Amphidomataceae indet.	Sournia, 1984
Dinoflagellate	<i>Amylax</i> spp.	A.Meunier, 1910
Dinoflagellate	<i>Amylax triacantha</i>	(Jørgensen) Sournia 1984
Dinoflagellate	<i>Azadinium caudatum</i>	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinoflagellate	<i>Azadinium spinosum</i>	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinoflagellate	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinoflagellate	<i>Blepharocysta</i> spp.	Ehrenberg, 1873
Dinoflagellate	<i>Ceratium azoricum</i>	Cleve 1900
Dinoflagellate	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Ceratium kofoidi</i>	JØrgensen, 1911
Dinoflagellate	<i>Ceratium</i> spp.	Schrack, 1793
Dinoflagellate	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817

Gruppo	Specie	Autore
Dinoflagellate	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinoflagellate	<i>Coolia</i> spp.	Meunier, 1919
Dinoflagellate	<i>Corythodinium</i> spp.	Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966
Dinoflagellate	Dinophyceae indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinoflagellate	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinoflagellate	<i>Dinophysis bibulbus</i>	Balech, 1971
Dinoflagellate	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinoflagellate	<i>Dinophysis cf. bibulbus</i>	Balech, 1971
Dinoflagellate	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinoflagellate	<i>Dinophysis hastata</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinoflagellate	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinoflagellate	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinoflagellate	<i>Glenodinium foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Glenodinium</i> spp.	Ehrenberg, 1836
Dinoflagellate	<i>Glochidinium penardiforme</i>	(Lindemann) Boltovskoy 2000
Dinoflagellate	Gonyaulacales indet.	F.J.R.Taylor 1980
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax monacantha</i>	Pavillard, 1916
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède de & Lachmann) Diesing, 1866
Dinoflagellate	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinoflagellate	Gymnodiniales indet.	Apstein, 1909
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium agiliforme</i>	J.Schiller, 1928
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium cf. impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium cf. instriatum</i>	(Freudenthal & J.J.Lee) D.W.Coats 2002
Dinoflagellate	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium lachryma</i>	(Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinoflagellate	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa niei</i>	(Loeblich III) Morril & Loeblich III, 1981
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen, 1995
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Karenia mikimotoi</i>	(Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	<i>Karenia</i> spp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinoflagellate	Kareniaceae indet.	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández-Tejedor 2005
Dinoflagellate	<i>Karlodinium</i> spp.	J.Larsen, 2000
Dinoflagellate	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinoflagellate	<i>Kofoidinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinoflagellate	<i>Kofoidinium velleloides</i>	Pavillard, 1929
Dinoflagellate	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinoflagellate	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinoflagellate	<i>Mesoporus perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinoflagellate	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinoflagellate	<i>Nematodinium torpedo</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinoflagellate	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937

Gruppo	Specie	Autore
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum longum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Schiller, 1937
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Oxytoxum spp.</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	Peridiniales indet.	Haeckel, 1894
Dinoflagellate	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Peridiniopsis</i> spp.	Lemmermann, 1904
Dinoflagellate	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinoflagellate	<i>Peridinium spp.</i>	Ehrenberg, 1830 (Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinoflagellate	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Claparède de & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinoflagellate	<i>Phalacroma rotundatum</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Phalacroma</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Podolampas palmipes</i>	Bütschli, 1873
Dinoflagellate	<i>Polykrikos</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinoflagellate	<i>Pronoctiluca</i> spp.	F.Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Prorocentraceae</i> indet.	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum compressum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum dactylus</i>	Fukuyo, 1981
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum emarginatum</i>	Osorio - Tafall, 1942
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	Ehrenberg, 1834
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum micans</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Ehrenberg, 1834
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum</i> spp.	J. Schiller, 1918
Dinoflagellate	<i>Prorocentrum triestinum</i>	(Claparède de & Lachmann) Bütschli, 1885
Dinoflagellate	<i>Protoceratium reticulatum</i>	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinoflagellate	Protoperidiniaceae indet.	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium brevipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium cf. crassipes</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium cf. leonis</i>	(Ostenfeld) Balech 1973
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium cf. pallidum</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium cf. pyriforme</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium cf. tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium grani</i>	(Dangeard) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium leonis</i>	(Pavillard) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium minutum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium oblongum</i>	(Aurivillius) Parke & Dodge, 1976
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium oceanicum</i>	(Vanhöffen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium ovatum</i>	Pouchet, 1883
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium pallidum</i>	(Ostenfeld) Balech 1973
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium punctulatum</i>	(Paulsen) Balech, 1974

Gruppo	Specie	Autore
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium pyriforme</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium subinerme</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Protoperidinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinoflagellate	<i>Pseliodinium</i> spp.	Soumia, 1972
Dinoflagellate	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Pyrophacus</i> spp.	Stein, 1883
Dinoflagellate	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef, 1963
Dinoflagellate	<i>Scrippsiella acuminata</i>	(Ehrenberg) Kretschmann & Gottschling, 2015
Dinoflagellate	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinoflagellate	<i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i>	(Pouchet) J.Cachon & M.Cachon, 1968
Dinoflagellate	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Torodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Dinoflagellate	<i>Warnowia</i> spp.	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Altro fitoplancton	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko, 2000
Altro fitoplancton	Altro Fitoplancton indet. (\varnothing inf. 20 μm)	
Altro fitoplancton	<i>Anabaena</i> spp. (unità cell.)	Bory de Saint-Vincent, 1886
Altro fitoplancton	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corda, 1838
Altro fitoplancton	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Altro fitoplancton	<i>Chattonella</i> spp.	B. Biecheler, 1936
Altro fitoplancton	Chlorophyceae indet.	Wille in Warming, 1884
Altro fitoplancton	<i>Chrysocromulina</i> cf. <i>lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Altro fitoplancton	<i>Chrysocromulina lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Altro fitoplancton	<i>Chrysocromulina parkeae</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Altro fitoplancton	<i>Chrysocromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Altro fitoplancton	<i>Closteriopsis</i> spp.	Lemmermann, 1899
Altro fitoplancton	<i>Closterium</i> spp.	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Altro fitoplancton	Coccolithophyceae indet.	Rothmaler, 1951
Altro fitoplancton	<i>Coelastrum astroideum</i>	De Notaris 1867
Altro fitoplancton	<i>Coelosphaerium</i> sp.	Nägeli, 1849
Altro fitoplancton	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
Altro fitoplancton	Cryptomonadaceae indet.	Ehrenberg, 1831
Altro fitoplancton	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Altro fitoplancton	Cryptophyceae indet.	F.E.Fritsch, 1927
Altro fitoplancton	Cyanophyceae indet.	Schaffner, 1909
Altro fitoplancton	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Schiller, 1913
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Altro fitoplancton	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Altro fitoplancton	<i>Dinobryon</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Altro fitoplancton	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Altro fitoplancton	Euglenophyceae indet.	Schoenichen, 1925
Altro fitoplancton	Eutreptiaceae indet.	Hollande, 1942
Altro fitoplancton	<i>Eutreptiella</i> spp.	A. da Cunha, 1914
Altro fitoplancton	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Altro fitoplancton	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Altro fitoplancton	<i>Merismopedia</i> spp.	Meyen, 1839
Altro fitoplancton	Microcystaceae indet.	Elenkin, 1933
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Altro fitoplancton	Nostocales indet.	Borzi, 1914

Gruppo	Specie	Autore
Altro fitoplancton	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Altro fitoplancton	<i>Oltmannsiella</i> spp.	W.Zimmermann, 1930
Altro fitoplancton	Oscillatoriaceae indet.	Cavalier-Smith, 2002
Altro fitoplancton	Oscillatoriaceae indet. (unità cell.)	Cavalier-Smith, 2002
Altro fitoplancton	<i>Pediastrum</i> spp.	Meyen, 1829
Altro fitoplancton	<i>Phacus</i> spp.	Dujardin, 1841
Altro fitoplancton	<i>Planktothrix</i> spp.	Anagnostidis & Komárek, 1988
Altro fitoplancton	<i>Pseudanabaena</i> spp.	Lauterborn, 1915
Altro fitoplancton	<i>Pseudopedinella</i> spp.	N. Carter, 1937
Altro fitoplancton	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Altro fitoplancton	Pyramimonadales indet.	Chadefaud, 1950
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonas longicauda</i>	L.Van Meel, 1969
Altro fitoplancton	<i>Pyramimonas</i> spp.	Schmarda, 1849
Altro fitoplancton	Raphidophyceae indet.	Chadefaud ex P.C.Silva, 1980
Altro fitoplancton	Scenedesmaceae indet.	Oltmanns, 1904
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	(Turpin) Brebisson, 1835
Altro fitoplancton	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Altro fitoplancton	<i>Syracosphaera</i> spp.	Lohmann, 1902

Ai fini della valutazione del fitoplancton per la definizione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche indicate nel documento di ISPRA “Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton” (a cura di Franco Giovanardi, aprile 2018).

Nel febbraio 2018 è stata infatti pubblicata la Decisione (UE) 2018/229 della Commissione che “istituisce, a norma della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione che abroga la decisione 2013/480/UE della Commissione”. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con apposita nota, ha reso da subito applicabile tale Decisione anche senza atto di recepimento. In seguito sono stati resi disponibili gli aggiornamenti delle metodiche per la classificazione ecologica dei corpi idrici e, per quanto riguarda gli EQB applicati ai corpi idrici dell'Emilia-Romagna, solo per il Fitoplancton sono state individuate modifiche nei limiti di classe e nei valori di riferimento rispetto al D.M. 260/10.

Per le acque costiere di tipo I, in cui ricade la fascia costiera dell'Emilia-Romagna facendo riferimento agli apporti di acqua dolce di origine fluviale e ad alla stabilità della colonna d'acqua, i valori dei limiti tra le classi di stato, per ciascuna delle metriche impiegate e per le diverse tipologie considerate, sono definiti nel citato documento di ISPRA (Tabella 7).

Tabella 7 - Condizioni di riferimento e limiti tra le classi di qualità ecologica per le acque costiere di Tipo I

RIFERIMENTO NORMATIVO STATO ECOLOGICO	D.M. 260/10 Limiti di classe ($\mu\text{g/l}$)	Dec. 2018/229/UE Limiti di classe ($\mu\text{g/l}$)
ELEVATO	< 2.4	< 2.0
BUONO	2.4 – 3.5	2.0 - 5.0
SUFFICIENTE	> 3.5	5.0 - 12.6
SCARSO	---	12.6 - 25.0
CATTIVO	---	> 25.0
METRICA	Media geometrica	Media geometrica (G_{mean} annuale*)
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO	1.8	1.4

* Modello log-normale, dopo trasformazione log-decimale e screening preliminare dei dati (OECD)

Di seguito si riportano gli esiti dell'applicazione dei criteri.

La Tabella 8 riporta le medie geometriche/anno di clorofilla “a” per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per il 2024. I dati annuali di clorofilla “a” relativi ai due corpi idrici della costa emiliano romagnola, sono stati elaborati ai fini della classificazione, adottando la trasformazione Log-normale indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi dopo uno screening preliminare raccomandato dall'OECD.

La situazione rilevata evidenzia come l'EQB Fitoplancton sia un elemento significativo a rimarcare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni in risposta alle pressioni a cui il sistema è sottoposto ed alle condizioni meteorologiche che si verificano. Ad entrambi i corpi idrici CD1 e CD2 viene attribuito per l'anno 2024 il giudizio "Sufficiente" (Tabella 8).

Tabella 8 - Medie geometriche annuali per stazione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$ o mg/m^3) e stato di qualità dei corpi idrici per l'EQB Fitoplancton: anno 2024

Corpo idrico	Stazione	Clorofilla “a” (EQB Fitoplancton) Dec. 2018/229/UE	
CD1 Goro-Ravenna	2	9.66	8.1 Sufficiente
	302	8.48	
	4	8.59	
	304	7.27	
	6	8.64	
	306	7.43	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	7.18	6.3 Sufficiente
	9	7.41	
	309	7.64	
	13	8.27	
	14	6.78	
	314	7.66	
	17	5.56	
	317	5.00	
	19	4.43	
	319	4.65	

5.2.1.b Macrozoobenthos

Lo studio delle comunità macrobentoniche dei fondi marini viene soprattutto applicato nelle indagini degli ambienti perturbati, soggetti a diversi tipi di inquinamento o dei sistemi naturalmente ipossici. I lavori che ne emergono riguardano sia descrizioni delle variazioni della struttura delle comunità bentoniche in relazione ai gradi di alterazione ambientale, sia metodi in grado di stabilire, con maggior o minor efficacia, il grado di alterazione sulla base delle caratteristiche strutturali della comunità. Infatti gli organismi bentonici non potendo compiere grandi spostamenti sono sottoposti per tutto il proprio ciclo vitale alle condizioni ambientali più o meno perturbate presenti nella zona, mostrando di conseguenza gli effetti dell'esposizione prolungata a diversi fattori ambientali e di inquinamento. Tali effetti si manifestano alterando la fisionomia della comunità bentonica sia in termini di composizione in specie, sia in termini di numero di specie e rapporti di abbondanza tra specie.

Le biocenosi sono delle associazioni di popolazioni di specie diverse che popolano lo stesso habitat e che interagiscono tra di loro e con l'ambiente fisico. Le biocenosi comprendono specie caratteristiche la cui presenza è di fondamentale importanza per la loro individuazione; di conseguenza la loro delimitazione è definita dalla composizione tra le specie caratteristiche esclusive e/o preferenziali e le accompagnatrici. La composizione granulometrica nonché le batimetrie sono condizioni necessarie ma non sufficienti alla individuazione delle biocenosi.

Vengono di seguito riportati i risultati riguardanti due biocenosi soggette alle attività di monitoraggio: quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, dal francese *Sables Fins Bien Calibrés*) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, dal francese *Vases Terrigènes Côtiers*).

Le biocenosi delle SFBC sono costituite da sedimento composto di sabbie fini generalmente sprovvisto di elementi grossolani come il detrito conchigliare. Si tratta di una biocenosi puramente animale il cui macrobenthos è dominato soprattutto dal Phylum dei Mollusca e degli Annelida (Policheti) a cui seguono gli Arthropoda (Crostacei), gli Cnidaria e gli Echinodermata.

Le biocenosi dei VTC occupano aree sottoposte ad un basso regime idrodinamico in cui avviene la sedimentazione dei fanghi di origine terrigena.

La biocenosi delle SFBC che Vatova nel 1949 aveva definito zoocenosi *Chione gallina* (oggi *Chamelea gallina* Linnaeus, 1758), era indicata come una banda larga che costeggia la costa occidentale dell'Adriatico a partire dalla zona leggermente a sud del Delta del Po fino a Pescara, caratterizzata da profondità che partivano dai 2.5 m ai 20-25 m circa. I lavori riguardanti la zonazione delle varie biocenosi per l'Emilia-Romagna, risultando datati, non coincidono perfettamente con la situazione riscontrata. La scelta di individuare siti di controllo per le SFBC sulle batimetrie 4-5 metri è maturata dal fatto che la fascia precedentemente individuata in bibliografia ha subito un progressivo cambiamento, spostando l'attenzione verso aree a maggior contenuto in percentuale di fango.

Per la valutazione della dinamica della popolazione dei macroinvertebrati bentonici, il campionamento è effettuato sul substrato a biocenosi SFBC (Sabbie Fini Ben

Calibrate) che si trova entro la fascia di 1.0-1.5 km dalla costa e su quello a biocenosi VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) presenti nelle stazioni a 3 km dalla costa. La rete di monitoraggio è articolata in 8 stazioni collocate a circa 1 e 3 km dalla costa lungo i transetti di P. Garibaldi, L. Adriano, Cesenatico, Cattolica (vedi Tabella 3).

La frequenza di campionamento è semestrale: maggio e novembre (vedi Tabella 4). L'analisi della ricchezza specifica per la biocenosi SFBC (Tabella 9) delinea un chiaro gradiente di diversità tra le stazioni: la stazione 19 si distingue come la più ricca con un totale di 79 taxa, seguita nell'ordine dalla stazione 9 (57 taxa), dalla 14 (55 taxa) e infine dalla stazione 4, che risulta la più povera con 46 taxa.

Per la biocenosi VTC (Tabella 9), la variabilità è meno accentuata ma comunque significativa. La stazione 304 mostra la massima ricchezza con 69 taxa, mentre la stazione 309 è la meno diversificata con 57 taxa. Questa fluttuazione nella ricchezza tra stazioni della stessa biocenosi suggerisce l'esistenza di micro-habitat o lievi differenze nelle condizioni chimico-fisiche locali.

Tabella 9 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC

Phylum	SFBC				VTC			
	4	9	14	19	304	309	314	319
Annelida	26	35	26	39	45	27	32	34
Arthropoda	5	6	11	13	5	9	8	13
Cnidaria	1	0	0	1	0	1	1	0
Echinodermata	0	1	1	2	1	1	1	5
Mollusca	13	13	16	23	17	18	20	15
Nemertea	0	1	0	0	0	0	0	0
Phoronida	1	1	1	1	1	1	1	0
Totale	46	57	55	79	69	57	63	67

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			4	9	14	19	4	9	14	19
Annelida	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967		X				X		X
	<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879								X
	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)			X	X				
	<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1880	X					X	X	
	<i>Chaetopteridae ind.</i>			X						
	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994			X					
	<i>Chone sp.</i>					X				
	<i>Dialychone dunerificta</i>	(Tovar-Hernández, Licciano, Giangrande, 2007)					X			X
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		X	X	X		X		X

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			4	9	14	19	4	9	14	19
	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1866				X				X
	<i>Euclymene oerstedi</i>	[auct. misspelling for <i>oerstedii</i>]	X		X	X	X	X		
	<i>Gallardoneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012				X				X
	<i>Glycera unicornis</i>	Lamarck, 1818				X		X		X
	<i>Harmothoe</i> sp.					X				
	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X	X	X		X		X
	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)					X		X	X
	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)		X						
	<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011								X
	<i>Lumbrineris lusitanica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012								X
	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	X		X		X	X		X
	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X		X	X	X	
	<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1961			X			X		
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1870		X	X	X	X	X		X
	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Augener, 1932)		X		X	X		X	X
	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X	X			X	
	<i>Dialychnone dunerificta</i>	(Tovar-Hernández, Licciano, Giangrande, 2007)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868				X		X		
	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1957								X
	<i>Notomastus mossambicus</i>	(Thomassin, 1970)							X	
	<i>Oligochaeta</i> indet.	(DC.) K.Koch				X		X		X
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne Edwards, 1833			X					
	<i>Onuphis</i> sp.									X
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1844	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)		X			X			
	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X		X				
	<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X	X	X				
	<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866				X				
	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1868)			X					X
	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976				X				
	<i>Polydora cornuta</i>	Bosc, 1802	X	X	X					
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1868		X			X			X
	<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990		X		X	X	X	X	X
	<i>Pseudoleiocapitella fauveti</i>	Harmelin, 1964						X		
	<i>Pseudopolydora pulchra</i>	(Carazzi, 1893)		X						
	<i>Scolelepis squamata</i>	(Müller, 1806)					X			

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			4	9	14	19	4	9	14	19
	<i>Scoloplos haasi</i>	(Monro, 1937)	X				X			
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne Edwards, 1832	X		X	X	X			
	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)	X	X		X	X	X		X
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	X	X		X				X
	<i>Spio filicornis</i>	(Müller, 1776)	X							
	<i>Spio martinensis</i>	Mesnil, 1896	X	X	X					
	<i>Spiophanes adriaticus</i>	D'Alessandro, Castriota, et al, 2020		X						
	<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)	X			X				
	<i>Streblospio eridani</i>	Munari, Wolf, Infantini, Moro, Sfriso & Mistri, 2020					X	X	X	
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i>	(A. Costa, 1853)		X	X	X				X
	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			X					
	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002			X					
	<i>Autoneoe spiniventris</i>	Della Valle, 1893		X	X	X				
	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)				X				
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020		X	X	X				X
	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Spence Bate & Westwood, 1861)				X				
	<i>Leucothoe incisa</i>	Robertson, 1892		X	X	X				
	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)			X	X				
	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X		X	X				
	<i>Monocorophium acherusicum</i>	(A. Costa, 1853)	X					X		
	<i>Orchomenella nana</i>	(Krøyer, 1846)				X				
	<i>Pariambus typicus</i>	(Krøyer, 1845)	X	X	X	X				X
	<i>Periocolodes longimanus</i>	(Spence Bate & Westwood, 1868)			X	X				
	<i>Photis longicaudata</i>	(Spence Bate & Westwood, 1862)				X				
	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X	X			
	<i>Urothoe pulchella</i>	(A. Costa, 1853)					X			
Cnidaria	Anthozoa indet.		X			X				
Echinodermata	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843		X	X	X				X
	<i>Trachythyon elongata</i>	(Düben & Koren, 1846)				X				X
Mollusca	<i>Abra alba</i>	(W. Wood, 1802)		X	X	X	X			
	<i>Abra nitida</i>	(O. F. Müller, 1776)		X	X					X
	<i>Anadara transversa</i>	(Say, 1822)			X	X				X
	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg, 1891)				X				X
	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linnaeus, 1758)				X				
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X	X	X	X	X	X
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)		X	X	X		X		X
	<i>Cyclope neritea</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X			X		
	<i>Cyllichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X		X				
	<i>Donax semistriatus</i>	Poli, 1795						X		
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X	X				X
	<i>Eulima glabra</i>	(da Costa, 1778)				X				X

PHYLUM	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
			4	9	14	19	4	9	14	19
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X		X				
	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O. G. Costa, 1830)	X	X	X	X	X			
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X					
	<i>Mactra stultorum</i>	(Linnaeus, 1758)					X			
	<i>Mangelia costulata</i>	Risso, 1826			X					
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lamarck, 1819	X							
	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linnaeus, 1758)		X	X			X		X
	<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X	X	X	X		
	<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)		X	X			X		
	<i>Neverita josephinia</i>	Risso, 1826				X				
	<i>Nucula nitidosa</i>	Winckworth, 1930				X				X
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1933)	X	X	X	X		X	X	
	<i>Spisula subtruncata</i>	(da Costa, 1778)	X	X	X	X				
	<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)				X				
	<i>Tellina distorta</i>	Poli, 1791								X
	<i>Tellina fabula</i>	Gmelin, 1791	X							X
	<i>Tellina nitida</i>	Poli, 1791		X	X	X	X	X	X	X
	<i>Tellina pulchella</i>	Lamarck, 1818								X
Nemertea	<i>Nemertea indet.</i>			X						
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X		X	X	X	X

Tabella 11 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	TAXON		Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
Annelida	<i>Aponuphis bilineata</i>	(Baird, 1870)			X					
	<i>Aponuphis brementi</i>	(Fauvel, 1916)								X
	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967				X	X	X	X	X
	<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	X			X	X			X
	<i>Atherospio guillei</i>	(Laubier & Ramos, 1974)			X					
	<i>Capitellidae</i> indet.									X
	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994	X							
	<i>Dialychnone dunerificta</i>	(Tovar-Hernández, Licciano, Giangrande, 2007)	X		X					
	<i>Dialychnone usticensis</i>	(Giangrande, Licciano & Castriota, 2006)	X							
	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X		X	X	X	X
	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1866	X		X					
	<i>Euclymene oerstedi</i>	[auct. misspelling for <i>oerstedii</i>]	X				X			
	<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)	X		X	X		X		
	<i>Euclymene</i> sp.							X		

PHYLUM	TAXON		Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
	<i>Gallardoneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	X	X	X					
	<i>Glycera unicornis</i>	Lamarck, 1818	X	X				X		
	<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	X	X			X	X	X	X
	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Hyalinoecia tubicola</i>	(O.F. Müller, 1776)	X							
	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)	X							X
	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)								X
	<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011	X							X
	<i>Magelona allenii</i>	Wilson, 1958	X	X						
	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959			X			X	X	
	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X				X	
	<i>Magelona sp.</i>				X					
	<i>Marphysa kinbergi</i>	McIntosh, 1910						X		
	<i>Mediomastus fragilis</i>	Rasmussen, 1973			X					X
	<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1870	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Augener, 1932)	X	X	X	X		X	X	
	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868			X	X			X	X
	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny in Lamarck, 1818	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nephtys incisa</i>	Malmgren, 1865	X			X	X	X		
	<i>Nereididae</i> indet.					X				
	<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1957	X			X				X
	<i>Notomastus mossambicus</i>	(Thomassin, 1970)			X					
	Oligochaeta indet.	(DC.) K.Koch	X			X		X	X	X
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne Edwards, 1833	X							
	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1844	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)		X				X		X
	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X		X	X				X
	<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968	X		X	X			X	X
	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X		X					
	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)	X	X						
	<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1868)		X						X
	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976	X	X						
	<i>Polydora cornuta</i>	Bosc, 1802			X					
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X		X		X	X
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1868	X	X		X				X
	<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990	X		X		X	X	X	X
	<i>Pseudoleiocapitella fauvelli</i>	Harmelin, 1964	X			X		X		X
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)		X						
	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne Edwards, 1832	X							
	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)	X	X	X	X	X	X	X	X
	Sipunculidae ind.				X	X				
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	X		X				X	X

PHYLUM	TAXON		Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
	<i>Spio martinensis</i>	Mesnil, 1896	X							
	<i>Spiophanes adriaticus</i>	D'Alessandro, Castriota, et al, 2020	X							
	<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)	X		X					
	<i>Sthenelais boa</i>	(Johnston, 1833)	X							
	<i>Streblospio eridani</i>	Munari, Wolf, Infantini, Moro, Sfriso & Mistri, 2020					X		X	X
Arthropoda	<i>Ampelisca diadema</i>	(A. Costa, 1853)	X	X	X	X				X
	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			X					
	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002		X						
	<i>Apseudopsis hastifrons</i>	(Norman & Stebbing, 1886)		X		X				X
	<i>Autonoe spiniventris</i>	Della Valle, 1893				X				
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	(Spence Bate, 1857)				X				
	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)				X				
	<i>Harpinia crenulata</i>	(Boeck, 1871)				X				
	<i>Iphinoe daphne</i>	Mazzotti & Lezzi, 2020		X	X	X				X
	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Spence Bate & Westwood, 1861)			X	X				
	<i>Leucothoe incisa</i>	Robertson, 1892	X	X	X	X				X
	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976		X						
	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867		X						
	<i>Orchomenella nana</i>	(Krøyer, 1846)				X				
	<i>Pariambus typicus</i>	(Krøyer, 1845)	X	X	X	X		X		X
	<i>Photis longicaudata</i>	(Spence Bate & Westwood, 1862)	X	X		X				X
	<i>Processa macrophthalmia</i>	Nouvel & Holthuis, 1957							X	
Cnidaria	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)			X	X				
	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)					X			
Echinodermata	Anthozoa indet.				X			X		
	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843	X	X	X					X
	<i>Holothuria forskali</i>	Delle Chiaje, 1824								X
	<i>Labidoplax digitata</i>	(Montagu, 1815)				X				
	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863								X
	<i>Trachythone elongata</i>	(Düben & Koren, 1846)				X				X
Mollusca	<i>Abra alba</i>	(W. Wood, 1802)	X	X	X	X	X			
	<i>Abra nitida</i>	(O. F. Müller, 1776)		X	X	X				
	<i>Acanthocardia aculeata</i>	(Linnaeus, 1758)			X					
	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linnaeus, 1758)	X						X	
	<i>Anadara transversa</i>	(Say, 1822)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg, 1891)								X
	<i>Azorinus chamasolen</i>	(da Costa, 1778)	X							
	<i>Bittium scabrum</i>	(Olivi, 1792)	X							
	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linnaeus, 1758)	X	X						
	<i>Chamelea gallina</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X	X	X	X	X	

PHYLUM	TAXON		Primavera				Autunno			
			304	309	314	319	304	309	314	319
	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cyllichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	X							X
	<i>Donax semistriatus</i>	Poli, 1795			X					
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linnaeus, 1758)		X	X	X			X	
	<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1803)								X
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X	X					X
	<i>Musculista senhousia</i>	(W. H. Benson, 1842)			X		X			
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lamarck, 1819							X	
	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linnaeus, 1758)		X	X	X				
	<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X	X						X
	<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X	X	X					X
	<i>Nassarius reticulata</i>	(Linnaeus, 1758)								X
	<i>Nucula nitidosa</i>	Winckworth, 1930	X	X	X	X		X	X	X
	<i>Nucula sulcata</i>	Bronn, 1831		X						
	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1933)	X	X						
	<i>Spisula subtruncata</i>	(da Costa, 1778)		X	X					X
	<i>Tellina distorta</i>	Poli, 1791	X							X
	<i>Tellina fabula</i>	Gmelin, 1791			X					
	<i>Tellina nitida</i>	Poli, 1791	X	X	X	X		X	X	X
	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)		X	X					
	<i>Turbonilla rufa</i>	(R. A. Philippi, 1836)								X
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X				X	X	X	

Le comunità appartenenti alle due diverse biocenosi campionate (SFBC e VTC) hanno mostrato differenti comunità mostrate in Tabella 10 e Tabella 11.

La biocenosi a SFBC è caratterizzata dai taxa di seguito elencati. Nello specifico, all'interno del Phylum degli **ANNELIDA**, sono stati rinvenuti i seguenti: *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Capitella capitata*, *Capitella minima*, *Chaetopteridae ind.*, *Chaetozone gibber*, *Chone* sp., *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedi*, *Gallardoneras iberica*, *Glycera unicornis*, *Harmothoe* sp., *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Levinsenia demiri*, *Lumbrineris lusitanica*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Mediomastus capensis*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nereis lamellosa*, *Notomastus aberans*, *Notomastus mossambicus*, *Oligochaeta indet.*, *Onuphis eremita*, *Onuphis* sp., *Owenia fusiformis*, *Oxydromus flexuosus*, *Pectinaria koreni*, *Peresiella clymenoides*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce longipes*, *Phylo foetida*, *Poecilochaetus fauchaldi*, *Polydora cornuta*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Pseudoleiocapitella fauveti*, *Pseudopolydora pulchra*, *Scolelepis squamata*, *Scoloplos haasi*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Spi decoratus*, *Spi filicornis*, *Spi martinensis*, *Spiophanes adriaticus*, *Spiophanes bombyx*, *Streblospio eridani*.

L'analisi della comunità a Policheti ha evidenziato la dominanza numerica di alcune specie chiave. In particolare, lo spionide *Prionospio caspersi* si è distinto per l'elevata

frequenza e abbondanza in tutte le stazioni, raggiungendo una densità massima di 3541.6 ind./m² presso la stazione B4 durante la campagna primaverile. Valori di densità significativi sono stati registrati anche per *Magelona johnstoni*, con un picco di 2675.6 ind./m² nella stazione B4 (campagna autunnale), e per il paraonide *Aricidea assimilis*, rinvenuto nella stazione B19 in autunno con una densità di 2327.4 ind./m². Il quadro delle specie strutturanti è completato da *Owenia fusiformis*, *Dialychone dunerificta*, *Nephtys cirrosa* e *Nephtys hombergi*, tutti taxa rinvenuti con frequenze e abbondanze rilevanti.

Nelle SFBC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxa:

Ampelisca diadema, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudes bacescui*, *Autonoe spiniventris*, *Bodotria scorpioides*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus depurator*, *Microprotopus maculatus*, *Monocorophium acherusicum*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus*, *Photis longicaudata*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Urothoe pulchella*.

L'analisi quantitativa ha evidenziato la dominanza di tre specie, in particolare durante la campagna primaverile. La più abbondante è risultata l'anfipode *Pariambus typicus*, con un picco di 1071.4 ind./m² nella stazione B9. A seguire, il cumaceo *Iphinoe daphne* ha raggiunto 708.4 ind./m² (stazione B19), e l'anfipode *Ampelisca diadema* ha mostrato una densità di 315.4 ind./m² (stazione B9).

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARIA** nelle biocenosi a SFBC è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvengono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi).

Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** è stata rinvenuta *Amphiura chiajei* che raggiunge densità di 157.8 ind./m² nella stazione B19 in Primavera.

Le specie appartenenti al Phylum **MOLLUSCA** ritrovati nelle SFBC sono:

Abra alba, *Abra nitida*, *Anadara transversa*, *Antalis inaequicostata*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cyllichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Eulima glabra*, *Kurtiella bidentata*, *Lentidium mediterraneum*

Lucinella divaricata, *Mactra stultorum*, *Mangelia costulata*, *Mytilus galloprovincialis*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Neverita josephinia*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas adriaticus*, *Spisula subtruncata*, *Tellimya ferruginosa*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina pulchella*.

La struttura della malacofauna campionata nelle SFBC è definita dalla netta predominanza della classe Bivalvia. Questo gruppo, composto principalmente da organismi sospensivori infaunali, domina sulla classe Gastropoda sia per numero di specie che per densità di popolazione. Il pattern di abbondanza è guidato dal bivalve veneride *Chamelea gallina*, che ha mostrato un picco di 2330.4 ind./m² (stazione B14, primavera). A questo taxon strutturante si associano altre specie di bivalvi con densità rilevanti, quali *Corbula gibba*, con 660.7 ind./m² (stazione 19, autunno), *Lentidium mediterraneum*, con 544.6 ind./m² (stazione B19, primavera) e *Spisula subtruncata*, con 220.3 ind./m² (stazione B9, primavera).

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla*.

La biocenosi a VTC è caratterizzata dalla comunità di seguito descritta. Nel Phylum degli **ANNELIDA** sono stati ritrovati:

Aponuphis bilineata, *Aponuphis brementi*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Atherospio guillei*, *Capitellidae indet.*, *Chaetozone gibber*, *Dialychnone dunerificta*, *Dialychnone usticensis*, *Diopatra neapolitana*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedi*, *Euclymene palermitana*, *Euclymene sp.*, *Gallardoneris iberica*, *Glycera unicornis*, *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Hyalinoecia tubicola*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Lanice conchylega*, *Levinsenia demiri*, *Magelona allenii*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona sp.*, *Marpysa kinbergi*, *Mediomastus fragilis*, *Melinna palmata*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys incisa*, *Nereididae indet.*, *Notomastus aberans*, *Notomastus mossambicus*, *Oligochaeta indet.*, *Onuphis eremita*, *Owenia fusiformis*, *Oxydromus flexuosus*, *Pectinaria koreni*, *Peresiella clymenoides*, *Pherusa monilifera*, *Phyllodoce lineata*, *Phylo foetida*, *Poecilochaetus fauchaldi*, *Polydora cornuta*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Pseudoleiocapitella fauveti*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra parva*, *Sipunculidae ind.*, *Spi decoratus*, *Spi martinensis*, *Spiophanes adriaticus*, *Spiophanes bombyx*, *Sthenelais boa*, *Streblospio eridani*.

L'analisi di abbondanza ha evidenziato il ruolo del polichete paraonide *Aricidea assimilis*, che ha raggiunto il massimo contributo numerico nella campagna autunnale (991 ind./m² nella stazione 314). Durante la campagna primaverile, il ruolo di specie dominante è stato invece ricoperto dallo spionide *Prionospio caspersi* (878 ind./m², stazione 314), suggerendo una chiara successione stagionale tra i taxa principali. Completa il quadro delle specie numericamente importanti *Owenia fusiformis*, la cui abbondanza massima (267,9 ind./m²) è stata registrata in un'altra stazione (304), indicando anche un'eterogeneità spaziale nella distribuzione delle specie.

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxa:

Ampelisca diadema, *Apolochus neapolitanus*, *Apseudes bacescui*, *Apseudopsis hastifrons*, *Autonoe spiniventris*, *Bathyporeia guilliamsoniana*, *Brachynotus gemmellari*, *Harpinia crenulata*, *Iphinoe daphne*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Megaluropus massiliensis*, *Microprotopus maculatus*, *Orchomenella nana*, *Pariambus typicus*, *Photis longicaudata*, *Processa macrourhalma*, *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, *Upogebia tipica*.

Il taxon dominante è l'anfipode *Ampelisca diadema*, che ha mostrato un'elevata densità di popolazione (2666.7 ind./m²) localizzata nella stazione 309 (primavera). Il quadro dei taxa numericamente importanti è completato da due specie sub-dominanti, *Pariambus typicus* e *Iphinoe daphne*, i cui contributi massimi alla densità totale (886.9 e 217.3 ind./m² rispettivamente) sono stati anch'essi registrati in primavera nella stazione 314.

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARIA** nelle biocenosi a VTC è limitato mentre il Phylum degli **ECHINODERMATA** è rappresentato da *Amphiura*

chiajei, *Holothuria forskali*, *Labidoplax digitata*, *Ophiura grubei*, *Trachythryone elongata*.

Le specie appartenenti al Phylum **MOLLUSCA** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acanthocardia aculeata*, *Acteon tornatilis*, *Anadara transversa*, *Antalis inaequicostata*, *Azorinus chamasolen*, *Bittium scabrum*, *Bolinus brandaris*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira nitida*, *Kurtiella bidentata*, *Musculista senhousia*, *Mytilus galloprovincialis*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nassarius reticulata*, *Nucula nitidosa*, *Nucula sulcata*, *Phaxas adriaticus*, *Spisula subtruncata*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Thracia papyracea*, *Turbanilla rufa*.

La specie strutturante è risultata essere *Corbula gibba*, un bivalve opportunista che ha raggiunto un notevole picco di densità autunnale (2217.3 ind./m²) nella stazione 309. A questa dominanza autunnale si contrappone un picco di abbondanza primaverile di altre specie, come *Spisula subtruncata* (458.4 ind./m² nella st. 314) e *Nucula nitidosa* (267.8 ind./m² nella st. 304)

Anche nelle VTC il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla*.

Applicazione dell'Indice M-AMBI e AMBI

Il macrozoobentos è uno degli elementi biologici indicati per la valutazione ecologica nei corpi idrici, in particolare la Direttiva 2000/60 si focalizza su alcune metriche delle comunità del macrobenthos come il livello di diversità e di abbondanza degli invertebrati nonché la proporzione tra organismi più o meno sensibili ai livelli di disturbo-stress.

L'indice, proposto inizialmente da Borja et al. (2000) per stimare la qualità di ambienti marini estuariali lungo le coste dei Paesi Bassi, è stato in seguito ampiamente testato anche in altri ambienti costieri, non solo europei. Il metodo prevede la ripartizione delle specie bentoniche in cinque differenti gruppi ecologici sulla base della loro sensibilità o tolleranza ad un progressivo peggioramento della qualità delle acque:

- Gruppo I, specie sensibili;
- Gruppo II, specie indifferenti;
- Gruppo III, specie tolleranti;
- Gruppo IV, specie opportuniste di 2° ordine;
- Gruppo V specie opportuniste di 1° ordine.

Tabella 12 – Valori di AMBI, corrispondenti livelli di disturbo e di condizioni della comunità bentonica

AMBI	GRUPPO ECOLOGICO DOMINANTE	GRADO DI DISTURBO DEL SITO	STATO DI SALUTE DELLA COMUNITÀ BENTONICA
0.0<CB≤0.2	I	assente	normale
0.2<CB≤1.2		assente	impoverito
1.2<CB≤3.3	III	lieve	sbilanciato
3.3<CB≤4.3		moderato	tendente ad alterato
4.5<CB≤5.0	IV-V	moderato	alterato
5.0<CB≤5.5		forte	tendente a pesantemente alterato
5.5<CB≤6.0	V	forte	fortemente alterato

I valori dell'Indice Biotico Marino (AMBI) sono stati calcolati utilizzando il software specializzato AMBI 6.0 (www.azti.es) e un elenco tassonomico aggiornato a ottobre 2024, in conformità con le linee guida del Report di Sistema SNPA 24/2021. L'AMBI, un indice multivariato, fornisce una valutazione quantitativa dello stato ecologico di un ecosistema marino costiero, basandosi sulla composizione e abbondanza relativa delle comunità di macroinvertebrati bentonici.

La Tabella 12 riporta la corrispondenza tra i valori di AMBI e i livelli di disturbo ambientale. Questo indice si basa sul principio ecologico secondo cui le comunità bentoniche rispondono a disturbi antropici subendo modifiche nella loro struttura: una diminuzione della ricchezza specifica e della diversità, e un incremento delle specie tolleranti all'inquinamento. In altre parole, l'AMBI riflette il passaggio da una comunità ben strutturata e diversificata, tipica di ambienti non disturbati, a una comunità semplificata e dominata da poche specie opportuniste, indicativa di condizioni ambientali deteriorate in cui si ha una bassa diversità ed il prevalere di specie indicative di acque inquinate, fino ad arrivare a condizioni di substrato azoico.

In queste quattro condizioni possono essere riconosciuti cinque gruppi di specie sulla base della loro sensibilità ad un aumento di sostanza organica:

- gruppo I comprende specie sensibili ovvero specie che non tollerano apporti di sostanza organica;
- gruppo II specie indifferenti a tali eventuali apporti;
- gruppo III specie tolleranti;
- gruppo IV specie opportuniste di 2° ordine;
- gruppo V specie definite opportuniste di 1° ordine.

L'indice viene calcolato considerando, per ogni campione, la percentuale di abbondanza in ciascun gruppo ecologico; maggior peso viene dato alle specie opportuniste (GV) la cui abbondanza è moltiplicata per un fattore 6 secondo la seguente formula:

$$AMBI = \frac{(0 * \%GI) + (1.5 * \%GII) + (3 * \%GIII) + (4.5 * \%GIV) + (6 * \%GV)}{100}$$

Il valore dell'indice varia in modo continuo da 0, corrispondente ad una situazione in cui tutte le specie presenti appartengono al Gruppo I e si è quindi in condizioni non disturbate, a 6 quando tutti gli organismi appartengono a specie del gruppo V e l'ambiente è fortemente disturbato.

In Tabella 13 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2024 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 118 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 119 per la biocenosi delle VTC.

Tabella 13 - Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate

Stagione	Staz	AMBI	H	S
Primavera	304	1.31	4.68	64
Primavera	309	1.79	1.69	45
Primavera	314	1.91	3.6	55
Primavera	319	3.01	3.51	45
Autunno	304	1.83	3.46	23
Autunno	309	3.5	2.05	28
Autunno	314	1.35	2.76	29
Autunno	319	3.27	3.46	49
Primavera	4	1.69	2.07	32
Primavera	9	2.1	3.36	44
Primavera	14	1.32	2.88	50
Primavera	19	2.17	3.92	63
Autunno	4	1.86	2.47	31
Autunno	9	1.84	2.55	30
Autunno	14	0.79	2.77	15
Autunno	19	2.16	2.93	46

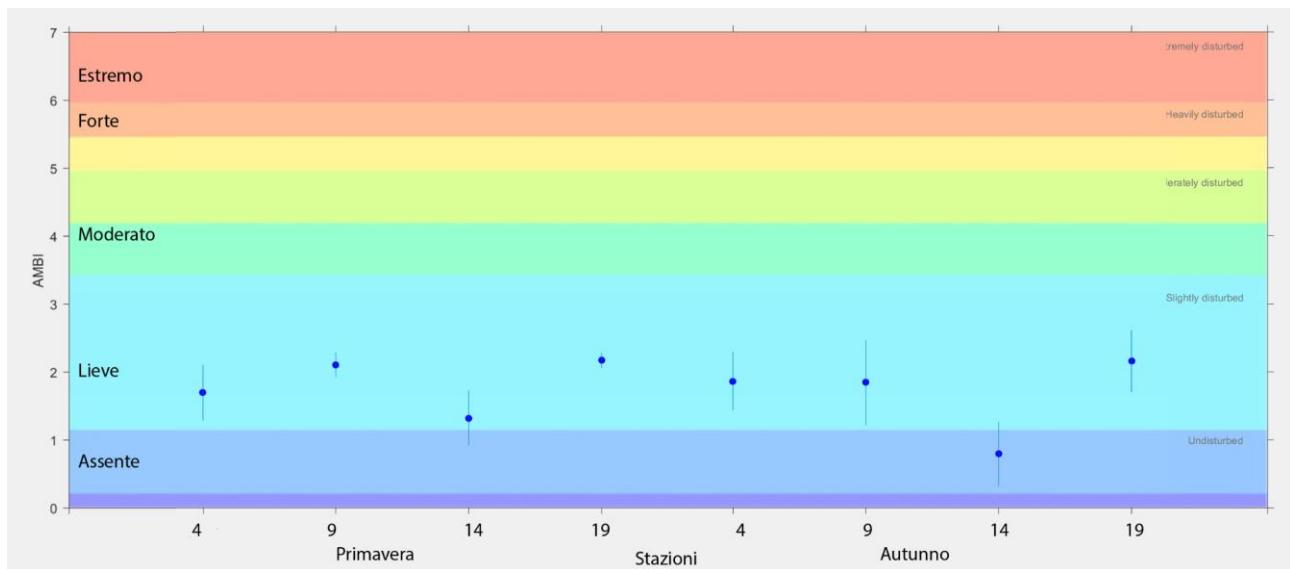


Figura 118 - Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC in Primavera ed in Autunno

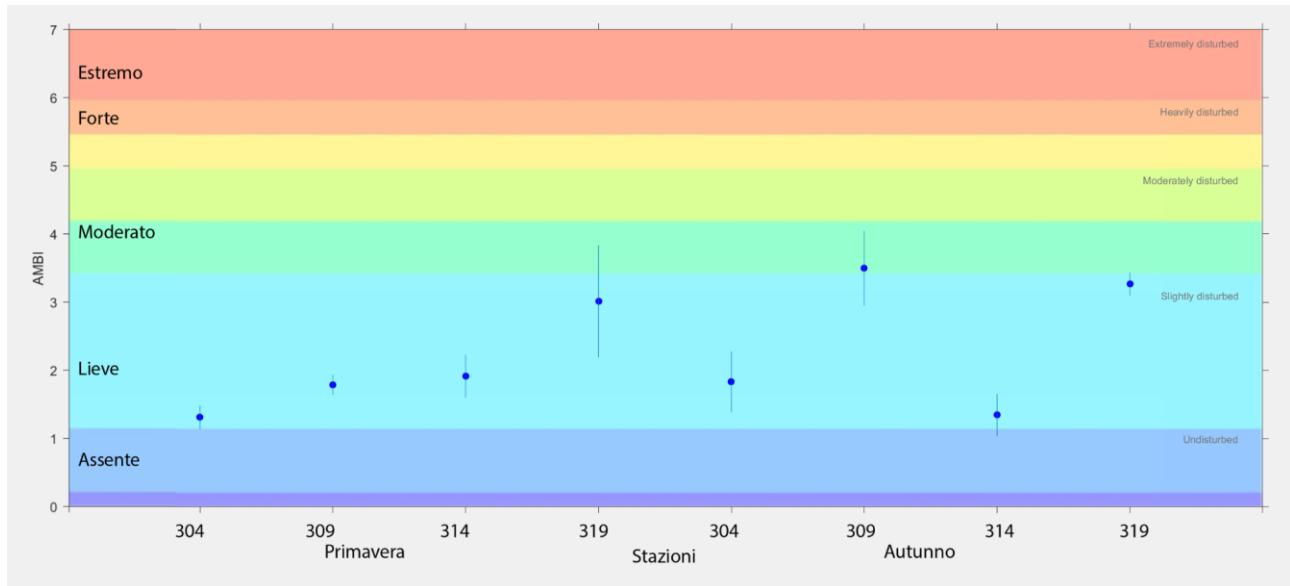


Figura 119 - Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Nell'ambito dello studio delle biocenosi delle SFBC, è stata condotta un'analisi multivariata mediante Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS), utilizzando la matrice trasformata Square Root e la sua matrice di dissimilarità di Bray-Curtis (Figura 120). Sono state sovrapposte le proiezioni dei vettori (coefficiente di correlazione di Pearson $\geq 0,6$), al fine di identificare le specie maggiormente correlate

alle differenze osservate nella composizione delle comunità. La lunghezza dei vettori è proporzionale all'importanza relativa di ciascuna specie nella determinazione della dissimilarità complessiva.

Nel contesto dello studio delle biocenosi delle SFBC, è stata condotta un'analisi multivariata avanzata utilizzando il metodo Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS). L'obiettivo primario di questa analisi era visualizzare le relazioni tra le diverse comunità e identificare le specie che maggiormente contribuivano alle differenze osservate nella loro composizione. Il processo ha avuto inizio con la preparazione dei dati, dove la matrice originale della composizione delle specie è stata sottoposta a una trasformazione "Square Root". Questa operazione è stata essenziale per ridurre l'influenza delle specie molto abbondanti, assicurando così che anche le specie meno comuni avessero un peso appropriato nell'analisi. Successivamente, è stata calcolata una matrice di dissimilarità di Bray-Curtis, la quale quantifica le differenze nella composizione delle specie tra le varie comunità campionate, fornendo la base per l'ordinamento spaziale.

L'nMDS ha quindi permesso di rappresentare graficamente queste dissimilarità in uno spazio a dimensioni ridotte, come illustrato nella Figura 120. In questa rappresentazione, le comunità con una composizione simile appaiono vicine tra loro, mentre quelle più diverse sono posizionate a maggiore distanza. Per identificare le specie influenti, sulla rappresentazione nMDS sono state sovrapposte le proiezioni dei vettori. Questi vettori rappresentano le singole specie, e sono stati inclusi solo quelli con un coefficiente di correlazione di Pearson pari o superiore a 0.6, a indicare una forte relazione tra la specie e le differenze nella composizione delle comunità. La lunghezza di ciascun vettore è direttamente proporzionale all'importanza relativa della specie nel determinare la dissimilarità complessiva tra le comunità, evidenziando quali specie siano i driver principali delle variazioni osservate.

Il valore di Stress bidimensionale (2D Stress) è pari a 0.13. Questo valore, considerato basso, indica un'ottima qualità della rappresentazione grafica. L'ordinamento bidimensionale riesce a riprodurre in modo molto affidabile le relazioni di somiglianza multidimensionali tra i campioni, conferendo un'elevata attendibilità all'interpretazione dei pattern visualizzati.

L'analisi nMDS evidenzia una chiara strutturazione delle comunità secondo due gradienti principali: l'asse 1 (orizzontale) separa nettamente i campionamenti autunnali (A, a sinistra) da quelli primaverili (P, a destra). Questo conferma la stagionalità come fattore preponderante nel determinare la composizione della fauna bentonica, con un evidente turnover di specie tra le due stagioni. L'asse 2 (verticale) rivela una forte eterogeneità spaziale tra i siti di campionamento. Si distinguono nettamente due gruppi di stazioni: un gruppo superiore con le Stazioni 109 e 119 e un gruppo inferiore con le stazioni 104 e 114.

Questa separazione verticale è molto marcata e suggerisce che questi due gruppi di stazioni sono caratterizzati da condizioni ecologiche e/o fisico-chimiche differenti e persistenti nel tempo. I vettori delle specie (biplot) permettono un'analisi dettagliata dei taxa che definiscono i diversi raggruppamenti stagionali e spaziali.

La comunità autunnale è caratterizzata da un'associazione di specie ben definita. I vettori di *Diopatra neapolitana*, *Corbula gibba* e diverse specie del genere *Aricidea* puntano chiaramente verso la parte sinistra del grafico. In particolare, *Diopatra* e *Corbula* sono associate alle stazioni 109 e 119 nel periodo autunnale. La stazione A114 si distingue per una forte caratterizzazione da parte del polichete *Phoronis psammophila*, indicando una specificità locale anche all'interno del pattern stagionale. La comunità primaverile è invece caratterizzata dalla presenza di come *Magelona johnstoni* sebbene la sua influenza sia localizzata principalmente nella stazione P104. Altre specie come *Iphinoe daphne* e *Pariambus typicus* sono debolmente associate ai campioni primaverili delle stazioni 109 e 119.

Alcune specie risultano più legate alla stazione che alla stagione. Ad esempio, *Ampelisca diadema* è associata alle stazioni del gruppo superiore (109 e 119) in entrambe le stagioni, suggerendo una preferenza per le condizioni ambientali di quei siti specifici.

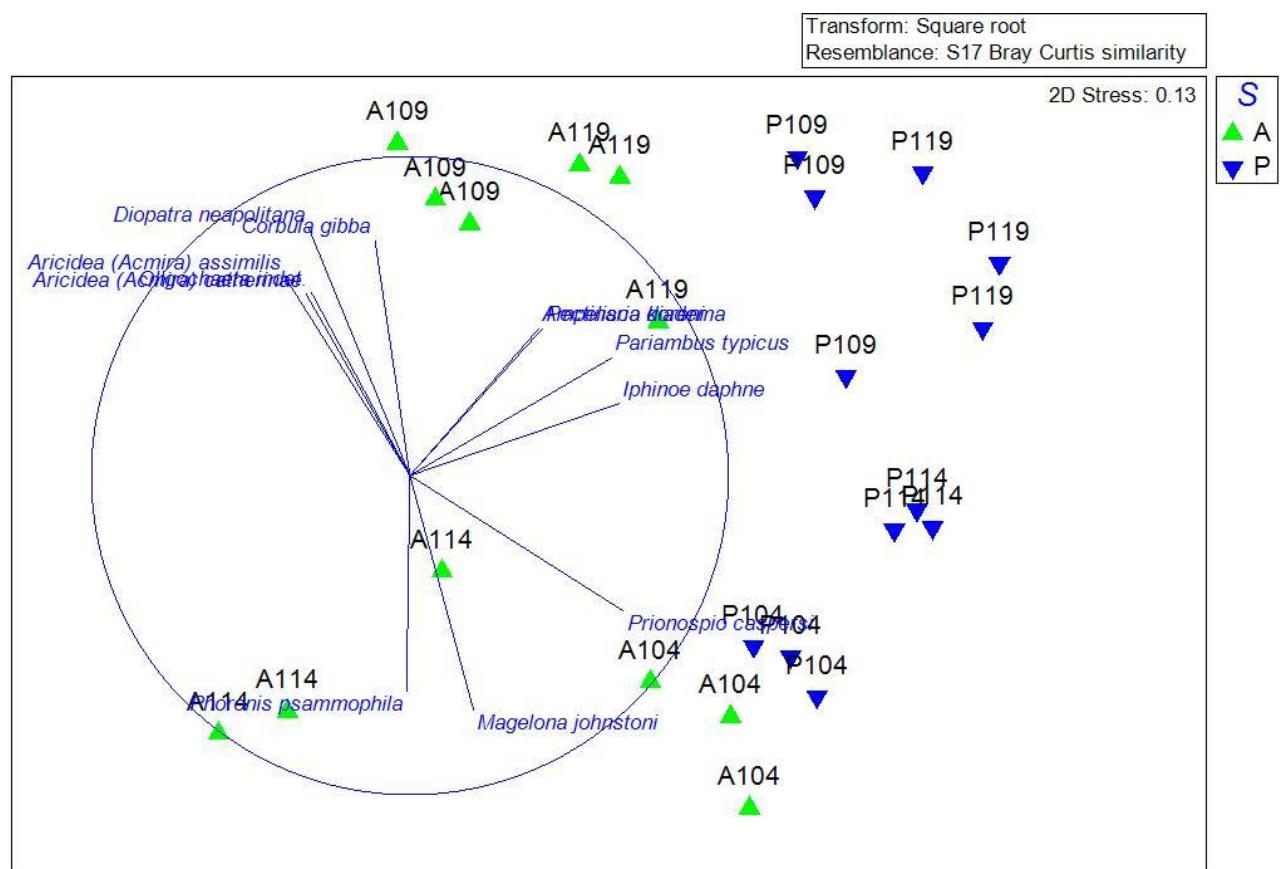


Figura 120 - nMDS Biocenosi delle SFBC

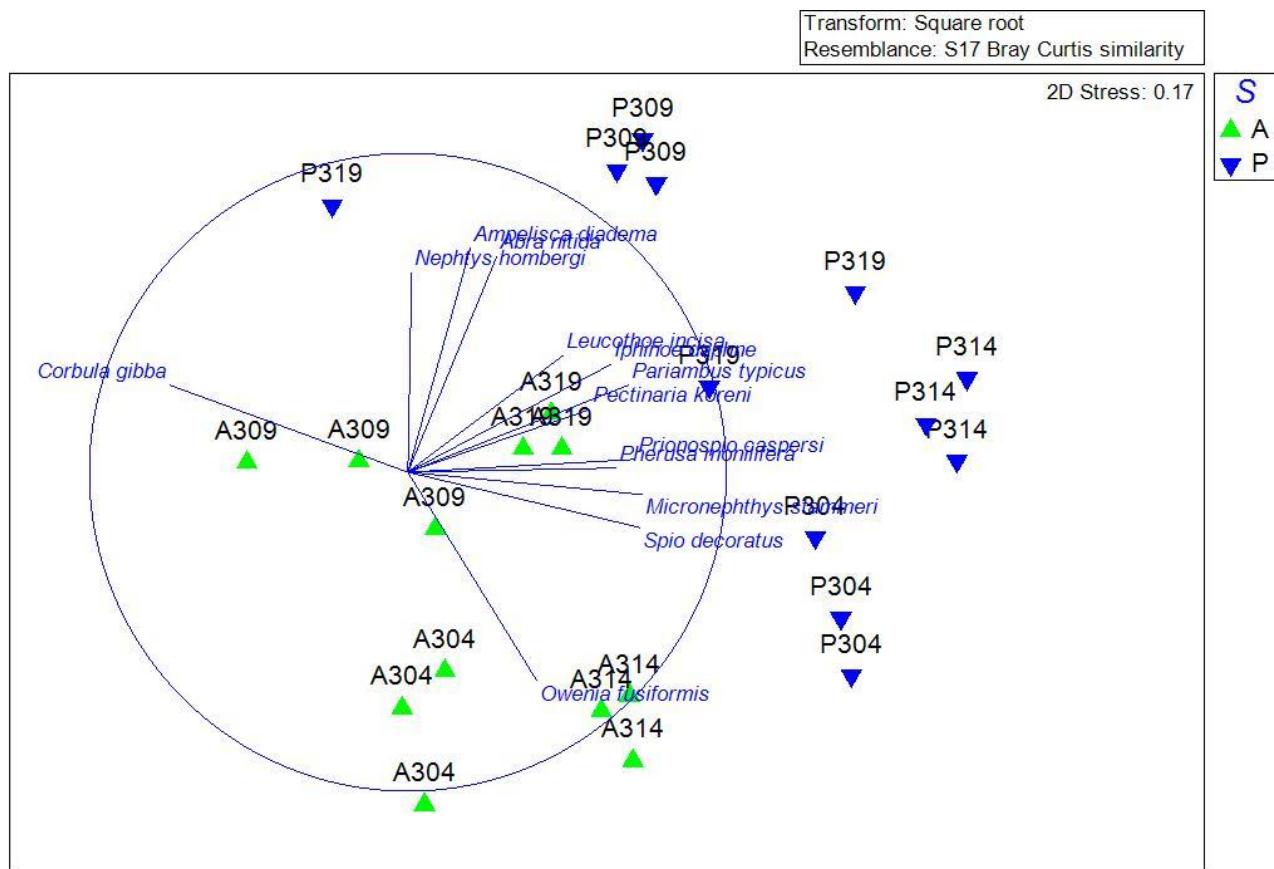


Figura 121 – nMDS Biocenosi delle VTC

Nell'ambito dello studio delle biocenosi delle VTC (Figura 121), l'analisi multivariata, condotta mediante Non-metric Multi-Dimensional Scaling (nMDS), mostra un valore di Stress bidimensionale (2D Stress) pari a 0.17 a indicare una buona qualità della rappresentazione. Il pattern più evidente è la netta segregazione dei campioni lungo l'asse orizzontale. I campionamenti effettuati nel periodo autunnale (A) si raggruppano nella porzione sinistra del grafico, mentre i campionamenti primaverili (P) si posizionano sulla destra. Questa separazione indica che la stagionalità è il fattore primario che guida la variazione nella struttura della comunità, suggerendo un significativo turnover di specie tra le due stagioni.

Un secondo gradiente, visibile lungo l'asse verticale (Asse 2), è attribuibile alla variabilità spaziale tra le stazioni di monitoraggio. Ad esempio, indipendentemente dalla stagione, le comunità delle stazioni 309 e 319 (nella parte superiore del grafico) si differenziano da quelle delle stazioni 304 e 314 (nella parte inferiore).

L'analisi dei vettori delle specie (biplot) consente di identificare i taxa responsabili di tali differenze in cui la specie *Corbula gibba* risulta un forte indicatore delle condizioni autunnali. Al contrario, un'associazione di policheti, comprendente *Spio decoratus*, *Prionospio caspersi* e *Micronephthys stammeri*, caratterizza le comunità primaverili. Specie come *Owenia fusiformis* sono associate a stazioni specifiche (304 e 314) indipendentemente dalla stagione.

Per la valutazione dello stato ecologico dell'Elemento di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici, viene impiegato M-AMBI (Multivariate Marine Biotic Index). Questo indice, fornisce una stima quantitativa dello stato di salute di un ecosistema marino costiero, basandosi sulla composizione e abbondanza relativa delle comunità di macroinvertebrati bentonici.

L'M-AMBI genera un valore compreso tra 0 e 1, definito Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), che rappresenta un indicatore sintetico dello stato ecologico. Più elevato è il valore di RQE, maggiore è la qualità ecologica dell'ambiente.

I limiti di classe per la classificazione dello stato ecologico secondo l'M-AMBI sono i seguenti:

Stato Elevato/Buono: $RQE \geq 0.81$. Indica un ecosistema marino ben conservato, con una comunità bentonica ricca e diversificata, caratteristica di ambienti poco disturbati.

Stato Buono/Sufficiente: $0.61 \leq RQE < 0.81$. Segnala un ecosistema in buone condizioni, ma potenzialmente soggetto a moderate pressioni antropiche, con una comunità bentonica che mostra segni di alterazione.

I limiti di classe utilizzati, nonché i valori di riferimento, sono quelli intercalibrati nella fase II dell'esercizio di IC comunitario MED GIG (Dec 2013/480/UE) e riportati nel documento ISPRA "Implementazione della Direttiva 2000/60/CE Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere EQB Macroalghe, Macroinvertebrati bentonici, Angiosperme".

(http://www.sintai.isprambiente.it/faces/public/DLGS152_06/acq_mar_cos.xhtml):

Valori di riferimento			RQE	
AMBI	H'	S	E/B	B/S
0.5	4.8	50	0.81	0.61

La valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici marini costieri per l'anno 2024 è stata condotta attraverso l'analisi dell'Elemento di Qualità Biologica (EQB) "Macroinvertebrati bentonici", utilizzando l'indice multimetrico M-AMBI. Il processo di calcolo per la classificazione finale è stato articolato secondo i seguenti passaggi:

1. Calcolo Stagionale per Stazione: per ogni stazione di monitoraggio, è stato calcolato un valore dell'indice M-AMBI per ciascuna delle due campagne stagionali (primaverile e autunnale), ottenendo una classificazione di qualità puntuale e stagionale (come dettagliato in Tabella 15).
2. Calcolo Medio Annuale per Stazione: è stato calcolato il valore medio annuale di M-AMBI per ogni stazione, mediando i risultati delle due campagne stagionali. Questo valore fornisce una valutazione complessiva della qualità della singola stazione per l'anno di riferimento (Tabella 14).
3. Classificazione Finale del Corpo Idrico: lo stato di qualità ecologico finale per ciascun corpo idrico (CD1 e CD2) è stato attribuito calcolando la media

complessiva dei valori medi di M-AMBI di tutte le stazioni appartenenti a quel corpo idrico (Tabella 16).

La valutazione finale per l'anno 2024 attesta uno stato di qualità ecologica "Buono" per entrambi i corpi idrici monitorati. Come riportato in Tabella 16, sia il corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) che il CD2 (Ravenna-Cattolica) hanno raggiunto un valore medio finale di M-AMBI pari a 0.72.

A un livello di dettaglio maggiore, l'analisi dei valori medi annui per singola stazione (Tabella 14) conferma la condizione generale positiva. Tutte le stazioni, senza eccezioni, si collocano in uno stato di qualità "Buono" o "Elevato". In particolare, la stazione 304 su fondali fangosi (VTC) nel corpo idrico CD1 si distingue per aver raggiunto lo stato "Elevato" con un valore M-AMBI di 0.82. Il corpo idrico CD2 mostra una notevole omogeneità qualitativa, con tutte le stazioni monitorate al suo interno che raggiungono la classificazione di 'Buono'.

L'esame dei dati stagionali (Tabella 15) offre le informazioni più significative sulle dinamiche ecologiche in atto. Si osserva una tendenza generalizzata verso una migliore qualità ecologica durante la campagna primaverile rispetto a quella autunnale. Le condizioni ambientali migliori sono state infatti registrate in primavera, con il raggiungimento della classe di qualità "Elevato" in due stazioni: la stazione 19 (SFBC, M-AMBI = 0.88) e la stazione 304 (VTC, M-AMBI = 1.01). In entrambi i casi, la qualità è diminuita a "Buono" nella successiva campagna autunnale.

Tabella 14 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2024

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2024	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.62	Buono
CD2		9	0.69	Buono
CD2		14	0.72	Buono
CD2		19	0.80	Buono
CD1	VTC	304	0.82	Elevato
CD2		309	0.64	Buono
CD2		314	0.74	Buono
CD2		319	0.72	Buono

Tabella 15 - Valori stagionali di M-AMBI e stato di qualità nel 2024

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2024	
				M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	PRI	0.61	Buono
CD1		4	AUT	0.62	Buono
CD2		9	PRI	0.75	Buono
CD2		9	AUT	0.63	Buono
CD2		14	PRI	0.79	Buono
CD2		14	AUT	0.64	Buono
CD2		19	PRI	0.88	Elevato
CD2		19	AUT	0.72	Buono
CD1	VCT	304	PRI	1.01	Elevato
CD1		304	AUT	0.62	Buono
CD2		309	PRI	0.65	Buono
CD2		309	AUT	0.63	Buono
CD2		314	PRI	0.84	Buono
CD2		314	AUT	0.64	Buono
CD2		319	PRI	0.71	Buono
CD2		319	AUT	0.72	Buono

Tabella 16 - Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2024

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2024			
				M-AMBI	Stato		
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.72	Buono		
	VTC	304					
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.72	Buono		
	VTC	309					
	SFBC	14	Cesenatico				
	VTC	314					
	SFBC	19	Cattolica				
	VTC	319					

5.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB

Gli elementi di qualità a sostegno degli EQB si distinguono in due gruppi:

- elementi chimico-fisici rilevati sulla colonna d'acqua che rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico;
- elementi idromorfologici e fisico-chimici dei sedimenti, che non rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico, ma utilizzati a fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

5.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 16 dislocate su 9 transetti perpendicolari alla costa (Figura 105). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. Casi particolari sono rappresentati dai transetti di Zadina, dove per gli elementi chimico-fisici viene monitorata solo la stazione 13 situata a 0.5 km dalla costa, e di Marina di Ravenna, dove viene monitorata solo la stazione 308 a 3 km dalla costa. L'anagrafica di ogni stazione è riportata in Tabella 3. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l'anno nella prima e terza settimana del mese (Tabella 4).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesti dal D.M. 260/10 sono riportati in Tabella 17. Sono in grassetto i parametri che concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico da assegnare al corpo idrico. I parametri aggiuntivi indagati, che non rientrano nel sistema di classificazione dello Stato Ecologico, sono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi.

Tabella 17 – Elementi di qualità chimico-fisica a sostegno degli EQB

Elementi chimico-fisici	U.M.
Profondità	m
Temperatura	°C
Salinità	psu
Ossigeno	mg/l - %
Trasparenza	m
Clorofilla "a"	µg/l
pH	
Torbidità	ftu
Ortofosfato P-PO₄	µg/l
Fosforo Totale	µg/l
Azoto nitrico N-NO₃	µg/l
Azoto ammoniacale N-NH₃	µg/l
Azoto nitroso N-NO₂	µg/l
Azoto Totale	µg/l
Silice reattiva Si-SiO ₂	µg/l

Per temperatura, salinità e ossigeno disciolto viene rilevato il profilo verticale effettuato con sonda multiparametrica ad ogni metro di profondità al fine di

individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline, nonché gli stati anossici e ipossici che si possono verificare a livello del fondale.

Nello specifico, per ciascun EQB (nel caso specifico di interesse per l'Emilia-Romagna il fitoplancton e macroinvertebrati bentonici), gli elementi fisico-chimici a sostegno sono l'ossigeno dissolto, la clorofilla "a" e i nutrienti. Gli elementi utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi sono: trasparenza, temperatura e salinità.

Tutti i parametri sopra riportati sono stati ampiamente discussi nel Capitolo 4 del presente rapporto.

A integrazione di quanto già descritto, si riporta in *Allegato I* la statistica descrittiva relativa ai principali parametri idrologici e agli elementi nutritivi delle stazioni della rete di monitoraggio istituita ai sensi del D.Lgs.152/06 ai fini della definizione dello stato di qualità ambientale.

L'ossigeno dissolto e i nutrienti, unitamente al parametro clorofilla "a", sono valutati attraverso l'applicazione dell'Indice TRIX, al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marini.

Per la classificazione dello Stato Ecologico, il D.M. 260/10 definisce il limite di classe tra lo stato buono e quello sufficiente per il TRIX (espresso come valore medio annuo). Per il macrotipo 1 (alta stabilità) che corrisponde a quello della costa emiliano romagnola, il limite di classe è 5.0; in pratica per raggiungere la classe "Buono" è necessario ottenere un valore di TRIX inferiore a 5.

In Tabella 18 si riportano i valori medi/anno dell'Indice Trofico TRIX di ogni stazione ed i valori medi/anno del TRIX dei due corpi idrici (CD1 e CD2) relativi al 2024. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" sia per il corpo idrico CD1 che per il corpo idrico CD2.

Tabella 18 – Stato di qualità per il TRIX: medie annuali per stazione e corpo idrico

Corpo idrico	Stazione	2024	
CD1 Goro-Ravenna	2	6.01	5.74 Sufficiente
	302	5.79	
	4	5.67	
	304	5.64	
	6	5.74	
	306	5.59	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	5.39	5.10 Sufficiente
	9	5.21	
	309	5.39	
	13	5.32	
	14	5.19	
	314	4.88	
	17	5.15	
	317	4.95	
	19	4.72	
	319	4.79	

5.2.2.b Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti

Gli elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB non rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico, ma vengono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, Figura 122) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, Figura 123).

La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che, in termini di percentuali medie/anno, relativamente al 2024, prevale la componente limosa nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casaborsetti), 309 (Lido Adriano), e 319 (Cattolica); invece, nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico) e 317 (Rimini) tende a prevalere la componente sabbiosa.

Nelle stazioni SFBC la distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti evidenzia la prevalenza della componente sabbiosa in tutte le stazioni ad eccezione della stazione SFBC9 (Lido Adriano) dove è la componente limosa a prevalere.

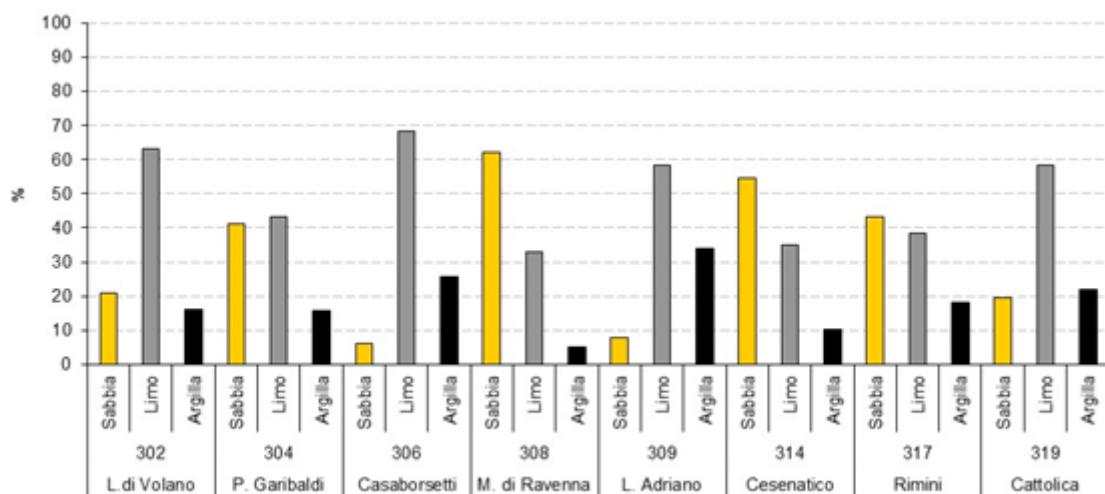


Figura 122 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

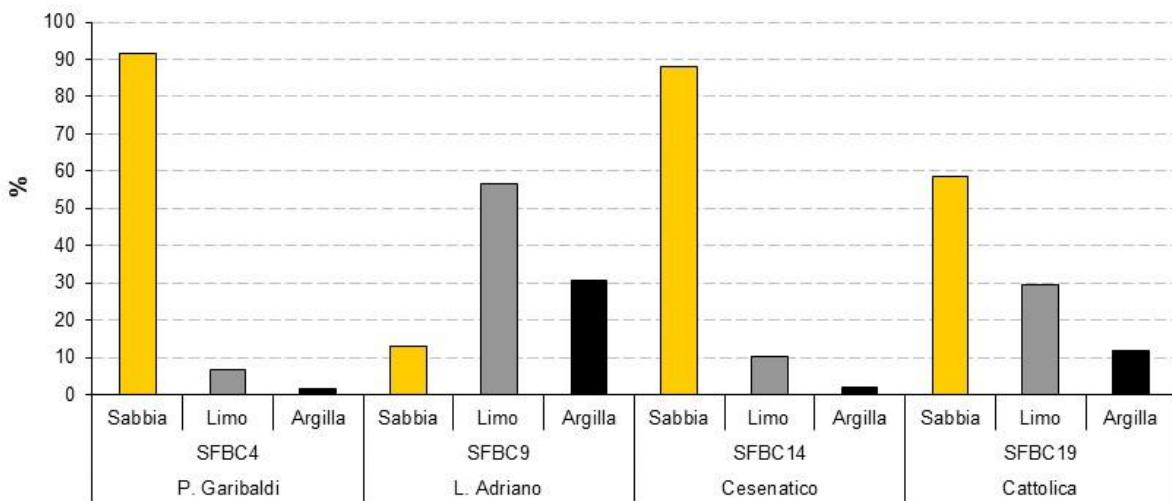


Figura 123 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale

Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) relative a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa (biocenosi VTC) ed a 4 stazioni situate a circa 1-2 km di distanza dalla costa (biocenosi SFBC) (Figura 124 e Figura 125). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2024 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra valori di 0.40 e 1.35%.

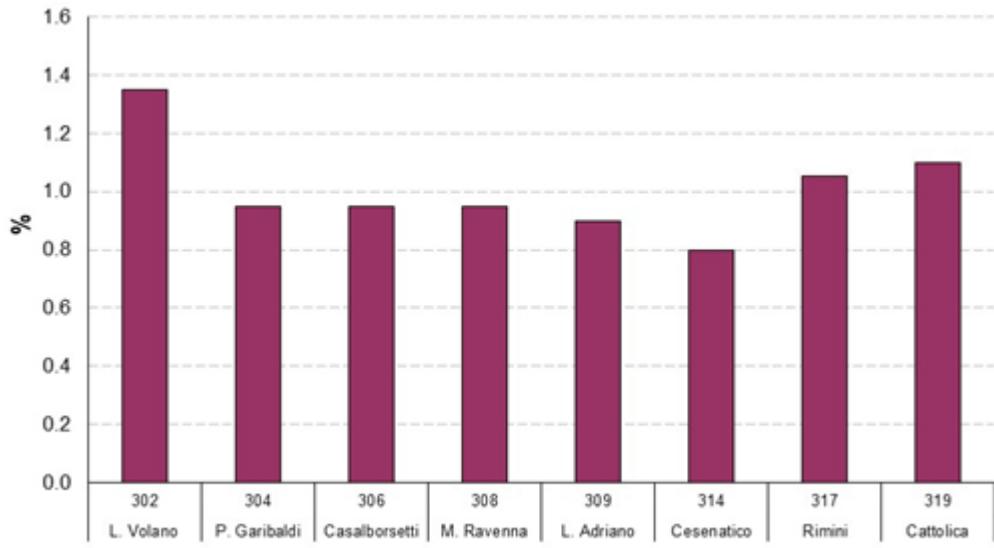


Figura 124 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

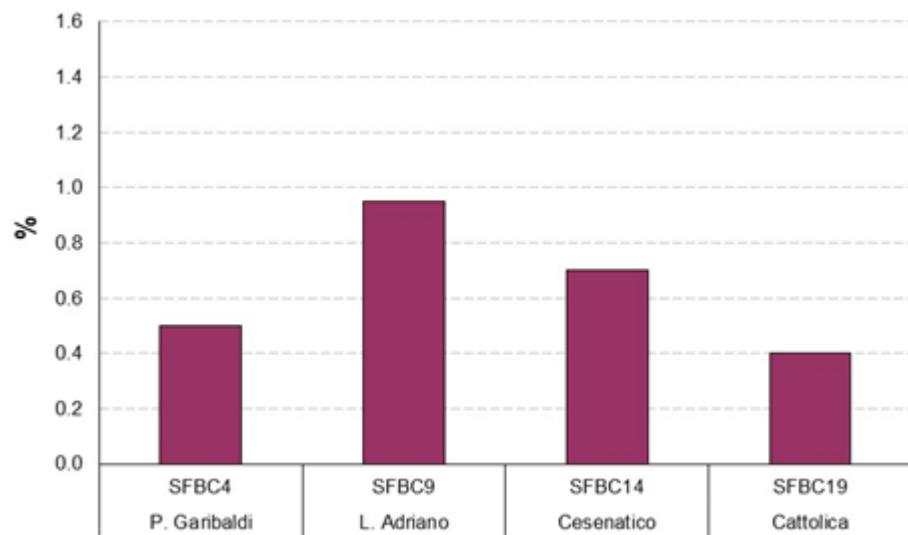


Figura 125 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità concorrono alla definizione dello Stato Ecologico delle acque marino costiere come elementi a sostegno degli EQB. Il D.Lgs. 172/15 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).

La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici dell'ambiente marino costiero della regione Emilia-Romagna è effettuata in conformità a quanto previsto dalla tab. 4.5/a del D.Lgs. 172/15 che definisce lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB “Elevato” quando la media delle concentrazioni delle sostanze di sintesi, misurate nell'arco di un anno, è minore o uguale ai limiti di quantificazione e “Buono” quando la media è conforme allo Standard di Qualità Ambientale (SQA-MA) di cui alla tab. 1/B dello stesso decreto.

Le stazioni di campionamento interessate dalla ricerca degli inquinanti specifici a sostegno sono 6 ubicate a 0.5 km di distanza dalla costa e la frequenza di campionamento è mensile (Tabella 4).

La scelta dei parametri da ricercare è effettuata ogni anno ed è il risultato di un'attenta analisi dei dati relativi ai punti di campionamento a chiusura di bacino dei fiumi costieri che permettono di valutare eventuali apporti fluviali a mare.

I parametri scelti, per la maggior parte, non sono riportati nell'elenco di tab. 1/B del D.Lgs. 172/15, ma sono “pesticidi singoli” per i quali si applica il valore cautelativo di 0.1 µg/l come SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale – Media Anno) e il limite di quantificazione corrisponde per tutti a <0.010 µg/l. Le sostanze monitorate incluse nell'elenco di tab. 1/B del D.Lgs. 172/15 sono dimetoato e terbutilazina con il suo principale metabolita desetil-terbutilazina. Lo SQA-MA per entrambi i parametri è pari a 0.2 µg/l (nel caso della terbutilazina lo SQA-MA si riferisce alla somma di terbutilazina e desetil-terbutilazina) e il limite di quantificazione è <0.010 µg/l.

Nel 2024 tutti i valori medi/anno sono inferiori ai relativi SQA-MA e spesso anche al limite di quantificazione (Allegato II).

5.2.4 Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sugli inquinanti appartenenti all'elenco di priorità si utilizzano per la valutazione dello stato chimico e gli standard di qualità ambientali da applicare per le diverse matrici sono riportati rispettivamente in:

- tabella 1/A (D.Lgs. 172/15) matrice acqua e biota;
- tabella 2/A (D.Lgs. 172/15) matrice sedimento.

In *Allegato III, IV e V* si riportano i valori medi/anno per stazione e per corpo idrico degli inquinanti appartenenti all'elenco di priorità ricercati nella colonna d'acqua, nel biota e nel sedimento ai sensi rispettivamente della tab. 1/A e tab. 2/A del D.Lgs. 172/15.

Per il calcolo dei valori medi e dei misurandi rappresentati dalla somma totale di singole sostanze, in presenza di valori inferiori ai limiti di quantificazione dei metodi di analisi sono stati applicati i criteri definiti dal D.Lgs. 219/10:

- a) nel calcolo dei valori medi i risultati di misura inferiori al limite di quantificazione sono posti pari alla metà del valore del limite di quantificazione del metodo;
- b) il valore medio calcolato in conformità al punto precedente, che risulti inferiore al limite di quantificazione del metodo, è restituito come inferiore al limite di quantificazione;
- c) nel calcolo dei misurandi rappresentati dalla somma totale di singoli misurandi chimici, che includono i principali metaboliti e prodotti di degradazione e di reazione, il risultato di misura delle singole sostanze inferiore al limite di quantificazione è considerato uguale a zero.

Per il calcolo dei composti diossine, furani e PCB diossina-simili nella matrice biota di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, il calcolo della tossicità equivalente (TE) è stato effettuato considerando i congeneri riportati nel Reg. (UE) n. 2023/915 del 25 aprile 2023 relativo ai tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti e che abroga il regolamento (CE) n. 1881/2006; per la sommatoria il risultato di misura delle singole sostanze, se inferiore al limite di quantificazione, è stato considerato pari al limite di quantificazione (approccio *upper bound*) e moltiplicato per il relativo fattore di tossicità equivalente dell'OMS (OMS-TEF, 2005) se quantificabile (Reg. (UE) n. 2023/915).

Per il calcolo dei composti diossine, furani e PCB diossina-simili nella matrice sedimento di cui alla tab. 3/A del D.Lgs. 172/15, il calcolo della tossicità equivalente (TE) è stato effettuato considerando i congeneri riportati nella nota alla tabella; per la sommatoria il risultato di misura delle singole sostanze è stato considerato uguale a zero se inferiore al limite di quantificazione (approccio *lower bound*) e moltiplicato per il relativo fattore di tossicità equivalente (nota 3 alla tab. 3/A del D.Lgs. 172/15) se quantificabile.

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2024 la ricerca degli inquinanti appartenenti all'elenco di priorità nella colonna d'acqua, parametri n° 1-45 di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, ha seguito una frequenza mensile. Le stazioni di campionamento interessate sono state 6 ubicate a 0.5 km di distanza dalla costa (Tabella 4).

I valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate sono riportati all'*Allegato III*. Nel 2024, per gli inquinanti prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, sono stati rilevati superamenti che riguardano i limiti previsti dalla legge per la media annua e per i valori massimi ammissibili esclusivamente per il piombo e per il corpo idrico marino costiero CD1 (Goro-Ravenna).

5.2.4.b Sostanze ricercate nel biota

Nella tabella 1/A del D.Lgs. 172/2015 sono indicati, per alcune sostanze, gli SQA che devono essere applicati alla matrice biota ai fini della determinazione del buono stato chimico delle acque superficiali. Per alcune di queste sostanze sono previsti SQA anche nella matrice acqua. Lo SQA riportato in tabella per il biota è riferito:

- ai pesci per le sostanze difenileteri bromurati, DDT, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, mercurio e composti, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS), esabromociclododecano (HBCDD) e eptacloro ed eptacloroepossido;
- a crostacei o molluschi per gli IPA (fluorantene e benzo(a)pirene);
- a pesci, crostacei o molluschi per diossine e composti diossina simili.

Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo o un'altra matrice purché lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione (Nota 12 alla tabella 1/A del D.Lgs. 172/15).

In Emilia-Romagna, nell'anno 2024, per ottemperare alla normativa sono stati effettuati dei campionamenti di fauna ittica, uno in ogni corpo idrico delle acque marino costiere regionali (Tabella 4). La specie selezionata, comune lungo la costa emiliano romagnola, è stata *Mullus barbatus* (triglia di fango). Sono stati inoltre utilizzati i campionamenti di mitili e vongole veraci effettuati per il monitoraggio delle acque destinate alla vita dei molluschi (artt. 87 e 88 del DLgs 152/06) relativi a due stazioni per corpo idrico (Tabella 4): MAR e COST1 in CD1; M4 e P3 in CD2.

Nel 2024 sono state ricercate nella matrice biota le seguenti sostanze della tab. 1/A: difenileteri bromurati, DDT totale, fluorantene, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, mercurio e composti, benzo(a)pirene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) e diossine e composti diossina simili.

Dall'analisi dei dati riportati in *Allegato IV* emerge che vi sono superamenti dello SQA per PBDE e mercurio e composti in tutti i campioni di pesce analizzati per i corpi idrici campionati nel 2024. Tutti gli esiti disponibili per DDT totale, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, dicofol e PFOS presentano invece valori inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata. Diossine e composti diossina simili

sono stati determinati a concentrazioni inferiori ai rispettivi SQA. Nel 2024 non si sono inoltre registrati superamenti degli SQA per benzo(a)pirene e fluorantene nei molluschi.

5.2.4.c Sostanze ricercate nel sedimento

Gli inquinanti prioritari ricercati nel sedimento per la classificazione dello stato chimico sono quelli riportati in tab. 2/A del D.Lgs. 172/15, vale a dire alcuni metalli, organometalli, policiclici aromatici e pesticidi.

Le stazioni di campionamento interessate sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Per quanto riguarda tali parametri, si riscontrano generalmente valori di concentrazione bassi, spesso inferiori al limite di quantificazione. Nel 2024 non sono stati riscontrati superamenti degli SQA o SQA-MA+20%. A livello di corpo idrico tutti i valori medi/anno risultano conformi (Allegato V).

Nelle figure che seguono si riportano i valori medi annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati, quali IPA (Figura 126), pesticidi Σ DDT, Σ DDD, Σ DDE (Figura 127), TBT e piombo (Figura 128), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 129), diossine, furani e PCB (Figura 130), che verranno elaborati ai fini dell'analisi della tendenza, valutando i trend ascendenti e discendenti nella matrice sedimento.

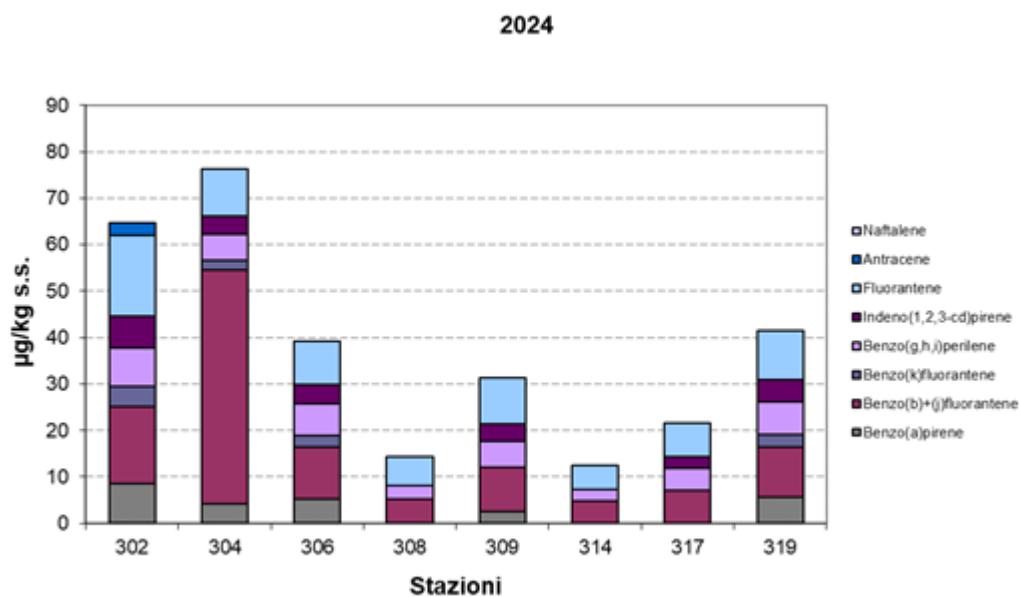


Figura 126 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

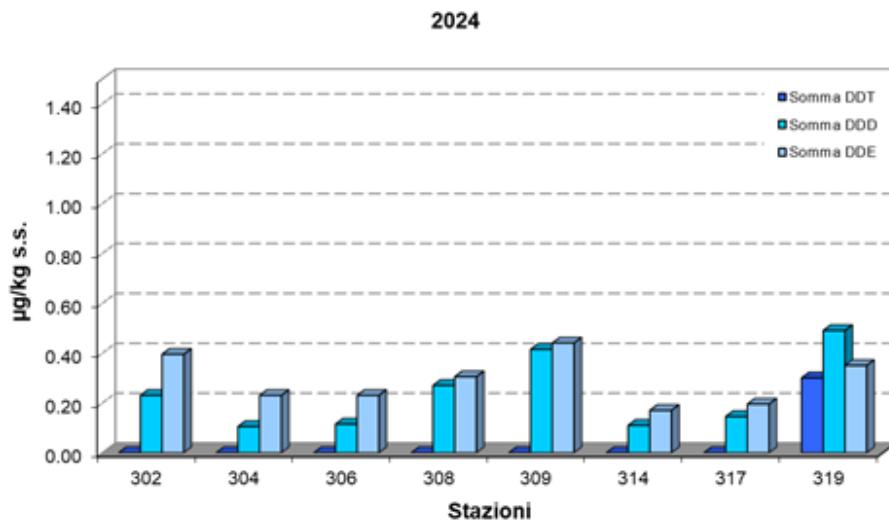


Figura 127 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

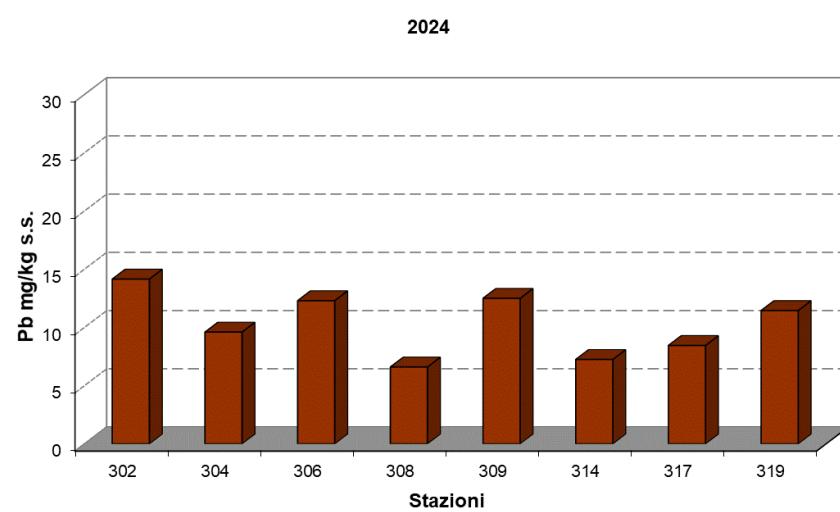
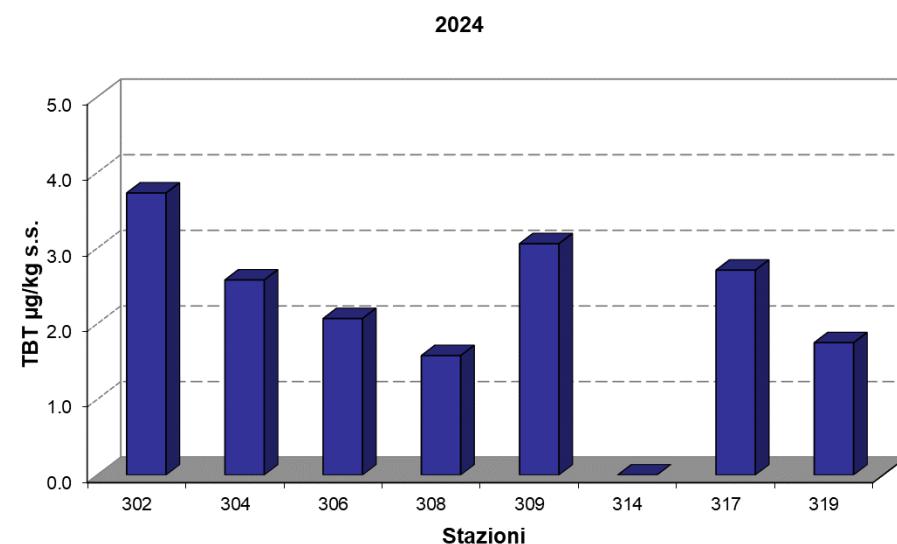
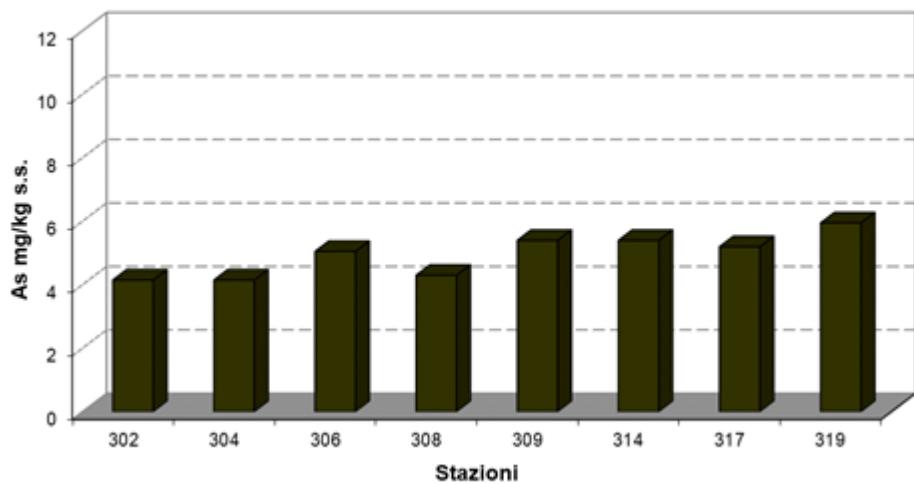


Figura 128 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

2024



2024

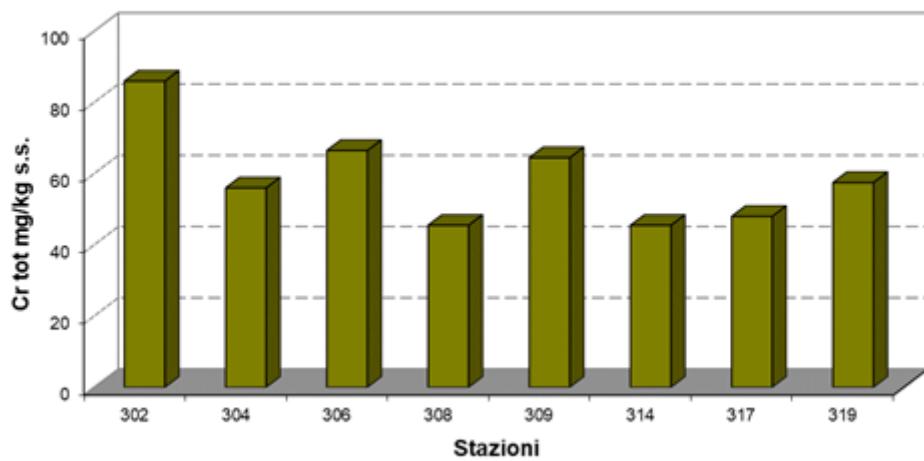


Figura 129 – Medie annuali di arsenico e cromo totale e determinati nel sedimento

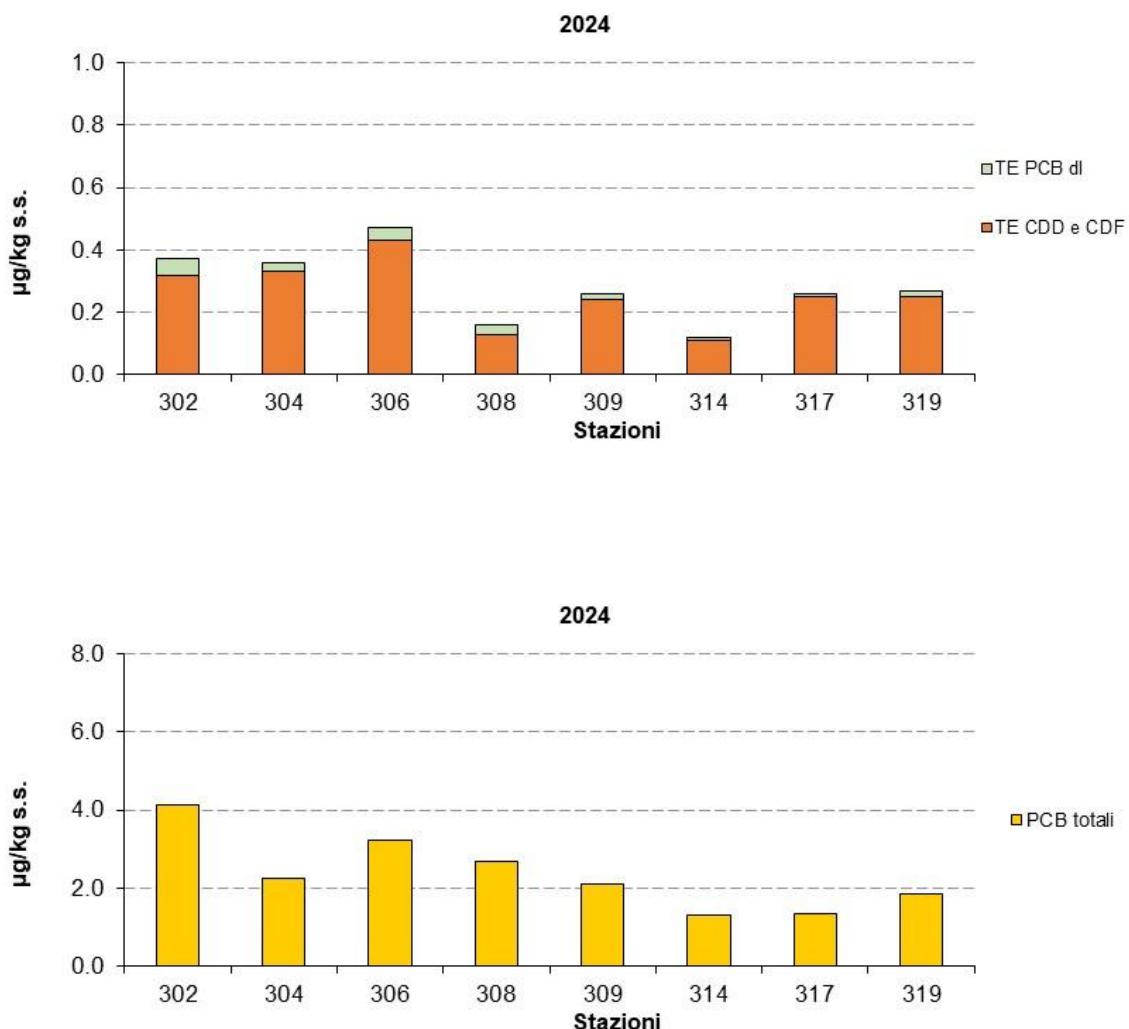


Figura 130 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

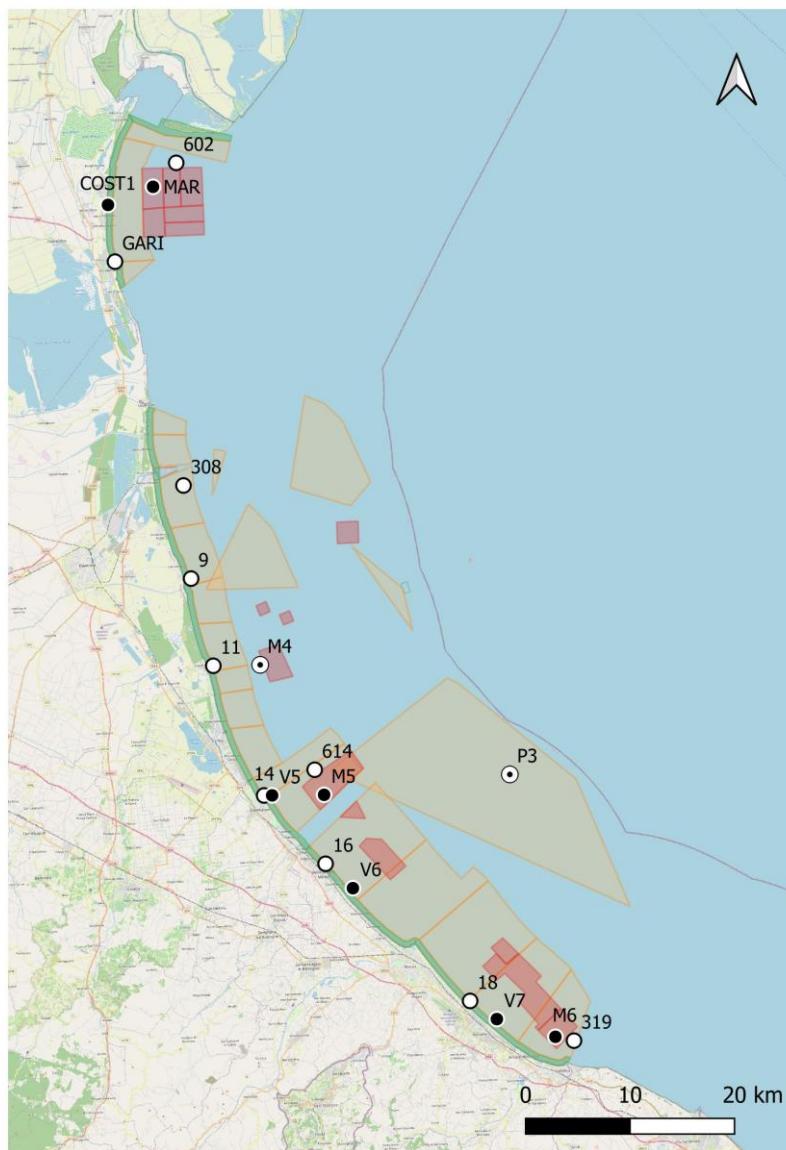
I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui le specie *Chamelea gallina* e *Ruditapes philippinarum*, ma ospitano anche, nella fascia di mare compresa tra i 4 km fino ai 10 km, allevamenti di molluschi bivalvi con la specie prevalente *Mytilus galloprovincialis* (mitili). Infine non vanno tralasciate le piattaforme off-shore sulle cui parti sommerse crescono banchi naturali di mitili.

Con la Determinazione del Responsabile del Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica n. 3077 del 22 febbraio 2021, la Regione Emilia-Romagna ridefinisce le zone delle acque interne del territorio regionale e delle acque marine antistanti la costa per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi bivalvi vivi (Figura 131).

La rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi, ai sensi dell'all. 2 Sez C del D.Lgs.152/06, è riportata in Figura 131. La Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono infatti a quelle monitorate per la classificazione dello stato trofico delle acque costiere marine (rete di monitoraggio per lo stato trofico) garantendo il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativamente a: pH, temperatura, salinità, ossigeno dissolto in percentuale lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Inoltre, in alcune stazioni della rete, la Struttura Oceanografica Daphne effettua i campionamenti per la determinazione dei seguenti parametri: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organo-alogenate, metalli pesanti, policiclici aromatici e coliformi fecali. Tali parametri sono analizzati dal Laboratorio Multisito di Arpae, sezione di Ravenna.

Per quanto concerne i restanti parametri quali: sostanze che influiscono sul sapore dei molluschi e sulle biotossine (sassitossina), ARPAE si rapporta con le AUSL per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs.152/06.



Legenda

- Campionamento acqua e molluschi
- Campionamento parametri idrologici
- ◎ Campionamento parametri idrologici, acqua e molluschi
- Zone tipo A - allevamenti
- Zone tipo A - banchi naturali
- Zone tipo B - banchi naturali

Figura 131 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (Determinazione del Responsabile del Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica n. 3077 del 22 febbraio 2021) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs.152/06)

7 ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 AFFIORAMENTO DI MATERIALE MUCILLAGINOSO

L'estate del 2024 è stata caratterizzata dalla presenza delle mucillagini. Il fenomeno ha interessato l'intero bacino adriatico; le prime segnalazioni si sono verificate lungo le coste istriane all'inizio del mese di giugno, per poi estendersi al Friuli e al Veneto fino a raggiungere le coste dell'Emilia-Romagna a fine mese interessando nei mesi seguenti anche Marche ed Abruzzo, con segnalazioni fino alla Puglia in agosto.

Le mucillagini sono un fenomeno del tutto naturale, non legato alla presenza di sostanze inquinanti: le prime testimonianze risalgono al 1729, periodo in cui tali molecole non erano ancora sintetizzate. La comparsa del fenomeno viene riportata con una certa frequenza nella seconda metà del 1800 arrivando alla prima descrizione a carattere scientifico avuta nel 1872. Lungo le nostre coste ricordiamo la sua presenza nelle estati del 1988, 1989, 1991, 1997 e dal 2001 al 2004. Dopo una pausa di dieci anni, le mucillagini si sono ripresentate nel 2014 e nel 2018, per poi scomparire nuovamente e manifestarsi nel 2024 sviluppandosi su ampia scala e estendendosi a gran parte del bacino dell'Adriatico.

Le mucillagini sono costituite da polisaccaridi prodotti principalmente da Diatomee e Dinoflagellate, oppure dalla disgregazione cellulare del fitoplancton. Particolarmente significativa sembra essere la presenza della Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis* nella produzione di tali composti. Già nei campioni prelevati durante i monitoraggi del 4, 5 e 6 giugno 2024, era stata rilevata la presenza di questa microalga, con concentrazioni sempre maggiori nei campionamenti successivi, in concomitanza con l'espansione e la durata del fenomeno mucillaginoso, confermando il suo ruolo chiave nella formazione delle mucillagini nell'Adriatico. Le concentrazioni sono infatti diminuite solo a partire dal mese di settembre, quando, grazie anche a forti mareggiate e al rimescolamento della colonna d'acqua, si è finalmente assistito alla scomparsa del fenomeno.

Il materiale mucillaginoso può presentarsi con diversa densità e differenti stati di aggregazione; lungo la colonna d'acqua è presente quasi tutto l'anno sotto forma di fiocchi bianchi (0.1-3 cm) denominati "neve marina", prodotti per lo più da Diatomee. Successivamente si possono formare "filamenti" (1-20 cm), che tendono a distribuirsi più superficialmente. Generalmente il processo di aggregazione si ferma a questo stadio, ma può svilupparsi e formare "reticoli", "nastri", "ragnatele" e "nuvole" (con dimensioni da 0.5 a 3-4 m) ed affiorare nelle acque superficiali nei mesi più caldi. Le ragnatele, se ben strutturate e di grandi dimensioni, possono rimanere intrappolate negli strati d'acqua in corrispondenza del picnoclino e formare un falso fondo. Parte del materiale mucillaginoso può depositarsi sul fondale, influenzando negativamente le comunità bentoniche.

La produzione di ossigeno tramite fotosintesi da parte delle microalghe contribuisce al galleggiamento del materiale mucillaginoso, specialmente nelle ore più calde. Gli aggregati possono variare di dimensione, essere trasportati da correnti e venti, e ridiscendere nelle ore più fresche. Quando vi è la predominanza di venti che spirano

verso costa (ad esempio Scirocco), il materiale viene sospinto e ammassato a ridosso dei porti, delle barriere frangiflutti e in zona di balneazione.

All'interno dei macroaggregati possono intrappolarsi diversi microrganismi planctonici presenti in colonna d'acqua. Inizialmente bianche, le mucillagini tendono a diventare giallognolo-marroncine per effetto della degradazione e degli agenti atmosferici. Non sono di per sé pericolose per la salute umana, se non per il fatto che potrebbero inglobare al loro interno sostanze nocive o inquinanti.

La loro disgregazione avviene principalmente per dispersione per azione dei venti per disgregazione meccanica dovuta al moto ondoso provocato ad esempio da mareggiate e infine per decomposizione batterica all'interno del ciclo di degradazione.

Nel tratto di mare emiliano romagnolo il fenomeno delle mucillagini è stato segnalato alla fine di giugno: dai rilievi effettuati con telecamera subacquea lungo la colonna d'acqua, a partire da 1,5 Nm da costa fino alle stazioni al largo, si rilevava la presenza di aggregati di origine fitoplanctonica di aspetto filamentoso che a tratti, sotto l'azione delle correnti, si concentravano a formare addensamenti. A metà luglio questo materiale, sotto forma di filamenti e reticoli, presente lungo la verticale, risultava talvolta depositato sul fondale, dove i processi degradativi in atto contribuivano alla carenza di ossigeno misurata. La stabilità della colonna d'acqua e l'assenza di fenomeni di rimescolamento hanno favorito, nelle settimane successive, la permanenza degli addensamenti e di vaste macchie in superficie (Figura 132) e lo sviluppo di ipossia e anossia.

Da fine agosto i monitoraggi hanno mostrato un miglioramento del fenomeno delle mucillagini, con aggregati superficiali limitati solo alla parte più settentrionale della costa ed una diminuzione del materiale nella colonna d'acqua. A causa di condizioni meteo-marine avverse, caratterizzate da forti piogge e mareggiate e l'evento alluvionale che ha colpito la nostra regione, non è stato possibile effettuare monitoraggi in mare fino al 7 ottobre; nel corso di questa campagna di monitoraggio non sono stati osservati più aggregati mucillginosi né in superficie né lungo la colonna d'acqua. Il rimescolamento delle masse d'acqua ha contribuito a ristabilire i parametri idrologici, risolvendo le criticità di ipossia e anossia riscontrate nei mesi precedenti.



Figura 132 – Addensamenti superficiali di materiale mucillaginoso

ALLEGATO I - STATISTICA DESCRITTIVA

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 2 (Lido di Volano) e stazione 4 (Porto Garibaldi)

Stazione 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l				
Media	8.43	18.29	24.11	9.48	1.11	12.04	499.25	17.05	21.53	927.87	30.52	10.06	969.11	90.83	47.40	6.01	2.49
Errore standard	0.03	1.50	1.46	0.43	0.08	2.24	94.41	2.66	4.98	91.43	3.81	1.16	115.15	31.81	9.92	0.10	0.11
Mediana	8.39	18.02	23.65	9.33	1.00	9.10	411.14	16.02	10.29	887.60	25.78	9.02	861.79	45.88	24.96	6.06	2.44
Moda	8.39					1.00	9.10	861.67	16.62	8.49							
Deviazione standard	0.15	7.19	6.98	2.05	0.40	10.73	452.78	12.77	23.86	438.46	18.29	5.56	552.25	152.53	47.55	0.48	0.54
Varianza campionaria	0.02	51.72	48.71	4.20	0.16	115.14	205007.64	163.03	569.50	192250.27	334.57	30.94	304984.52	23266.54	2261.20	0.23	0.30
Curtosi	-0.21	-1.11	-0.28	0.31	0.77	15.41	0.90	0.58	1.79	0.49	1.41	-1.31	0.68	16.52	2.74	0.07	5.19
Asimmetria	0.40	0.31	-0.16	0.22	0.76	3.61	1.07	0.91	1.61	0.84	1.07	0.10	0.76	3.85	1.90	-0.70	1.56
Intervallo	0.62	22.14	27.61	8.72	1.50	55.10	1729.18	49.41	81.68	1781.58	71.31	18.00	2196.77	741.16	162.09	1.77	2.71
Minimo	8.16	7.60	8.60	4.88	0.50	2.10	5.00	0.50	0.70	260.36	5.11	0.70	246.67	1.51	10.14	4.96	1.62
Massimo	8.78	29.74	36.21	13.60	2.00	57.20	1734.18	49.91	82.38	2041.94	76.42	18.70	2443.44	742.66	172.23	6.73	4.33
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.11	3.02	0.89	0.17	4.64	195.80	5.52	10.32	189.61	7.91	2.41	238.81	65.96	20.56	0.21	0.24

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l				
Media	8.43	17.41	25.43	9.39	1.20	14.20	459.59	18.29	33.33	906.70	27.01	7.93	734.86	90.54	47.79	5.67	2.49
Errore standard	0.04	1.48	1.36	0.37	0.14	3.81	116.23	3.71	10.94	127.13	3.99	0.93	102.77	35.67	9.18	0.15	0.17
Mediana	8.43	16.98	26.46	9.17	1.00	7.20	332.72	16.43	16.09	708.60	20.58	6.93	581.37	47.92	38.49	5.81	2.40
Moda				9.17	1.00	7.20	5.00	16.43	27.93							2.63	
Deviazione standard	0.20	7.11	6.52	1.77	0.65	18.27	557.43	17.80	52.45	609.69	19.15	4.47	492.86	171.08	44.01	0.70	0.81
Varianza campionaria	0.04	50.53	42.56	3.13	0.43	333.95	310727.16	316.84	2751.27	371717.59	366.53	19.98	242912.59	29267.14	1936.92	0.49	0.66
Curtosi	1.77	-1.03	1.95	0.55	1.69	15.76	3.55	2.47	9.49	2.29	2.41	2.50	5.37	18.97	5.70	-0.57	0.71
Asimmetria	0.01	0.36	-1.39	1.07	1.22	3.74	1.89	1.70	3.05	1.75	1.54	1.29	1.86	4.20	2.27	-0.17	0.60
Intervallo	1.00	21.27	25.88	6.86	2.80	88.89	2193.13	65.61	227.77	2230.13	78.53	19.54	2278.50	841.74	190.63	2.62	3.57
Minimo	7.94	7.95	6.84	6.84	0.20	2.61	5.00	0.50	0.70	325.30	5.90	1.93	149.57	1.60	7.09	4.38	0.98
Massimo	8.94	29.22	32.72	13.70	3.00	91.50	2198.13	66.11	228.47	2555.42	84.42	21.46	2428.07	843.34	197.72	7.00	4.54
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.07	2.82	0.77	0.28	7.90	241.05	7.70	22.68	263.65	8.28	1.93	213.13	73.98	19.03	0.30	0.35

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 302 (Lido di Volano) e stazione 304 (Porto Garibaldi)

Stazione 302 Lido di Volano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l				
Media	8.48	17.87	23.78	9.21	1.30	11.54	499.12	14.31	12.68	910.16	27.81	8.97	775.95	72.53	43.83	5.79	2.32
Errore standard	0.03	1.54	1.56	0.35	0.09	2.22	100.13	2.61	3.95	99.36	3.39	1.47	112.14	15.16	7.08	0.14	0.12
Mediana	8.50	17.44	25.14	8.92	1.50	8.20	293.74	11.71	6.27	807.50	27.77	6.47	650.09	51.69	34.66	5.91	2.44
Moda					1.00	11.20	5.00	11.71	0.70								
Deviazione standard	0.13	7.37	7.50	1.66	0.45	10.64	480.22	12.52	18.94	476.52	16.25	7.03	537.81	72.69	33.94	0.69	0.56
Varianza campionaria	0.02	54.27	56.23	2.75	0.20	113.23	230607.11	156.72	358.69	227068.03	264.13	49.46	289243.98	5283.96	1151.90	0.48	0.32
Curtosi	-0.64	-1.12	-0.30	1.13	-0.64	12.15	1.52	2.87	7.85	1.12	1.83	0.46	3.33	3.84	1.87	-0.47	-0.06
Asimmetria	-0.34	0.34	-0.56	1.14	0.06	3.17	1.19	1.52	2.80	1.05	1.05	1.31	1.66	1.76	1.56	-0.58	0.13
Intervallo	0.47	22.70	27.69	6.77	1.50	51.79	1883.07	51.60	78.64	1986.94	68.24	24.17	2384.95	303.36	120.66	2.45	2.22
Minimo	8.21	7.23	8.71	6.76	0.50	2.41	5.00	0.50	0.70	200.15	7.14	0.70	82.60	1.90	9.44	4.30	1.39
Massimo	8.67	29.93	36.40	13.53	2.00	54.20	1888.07	52.10	79.34	2187.09	75.38	24.87	2467.55	305.26	130.09	6.75	3.62
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.19	3.24	0.72	0.19	4.60	207.66	5.41	8.19	206.06	7.03	3.04	232.57	31.43	14.68	0.30	0.24

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l				
Media	8.47	17.44	25.98	9.24	1.74	12.84	344.69	12.86	12.77	703.67	21.17	7.74	579.37	55.58	52.13	5.64	2.00
Errore standard	0.04	1.50	1.18	0.39	0.14	4.28	79.51	2.19	3.03	90.79	2.79	1.29	97.26	10.31	12.24	0.17	0.12
Mediana	8.43	17.00	27.37	8.71	1.50	6.55	260.55	13.35	5.97	550.30	16.65	5.92	489.28	47.45	30.78	5.66	1.91
Moda					2.00		5.00	14.50	0.70								
Deviazione standard	0.19	7.19	5.65	1.89	0.67	20.51	381.32	10.52	14.52	435.39	13.38	6.19	466.45	49.44	58.70	0.83	0.58
Varianza campionaria	0.04	51.74	31.90	3.56	0.45	420.71	145403.45	110.63	210.72	189568.74	179.11	38.35	217575.56	2444.51	3445.61	0.69	0.33
Curtosi	0.12	-1.07	0.91	2.14	-0.54	19.87	6.35	2.66	0.63	4.67	0.08	2.93	11.34	0.70	7.79	-0.06	1.27
Asimmetria	-0.26	0.37	-1.15	1.40	0.24	4.33	2.23	1.40	1.40	2.22	0.83	1.79	3.04	1.15	2.72	0.63	1.15
Intervallo	0.78	21.62	20.99	7.99	2.50	101.30	1676.68	43.47	45.04	1726.42	51.85	24.57	2401.05	171.58	252.05	3.17	2.32
Minimo	7.99	7.64	10.99	6.59	0.50	2.70	5.00	0.50	0.70	265.65	2.31	0.70	13.80	2.32	11.85	4.43	1.22
Massimo	8.77	29.26	31.98	14.58	3.00	104.00	1681.68	43.97	45.74	1992.06	54.16	25.27	2414.85	173.91	263.90	7.60	3.53
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.11	2.44	0.82	0.29	8.87	164.89	4.55	6.28	188.28	5.79	2.68	201.71	21.38	25.38	0.36	0.25

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.42	17.33	26.89	9.24	1.47	14.96	425.04	14.15	18.04	801.33	24.62	7.97	518.00	66.21	50.18	5.74	2.13
Errore standard	0.04	1.50	1.27	0.29	0.15	4.42	103.35	2.40	4.24	112.87	3.35	1.54	85.98	14.31	11.90	0.18	0.14
Mediana	8.45	16.88	28.17	8.92	1.00	8.70	294.53	13.30	8.86	616.27	19.46	5.76	461.00	50.39	33.16	5.58	2.03
Moda	8.35				1.00		545.50	13.30	8.86								
Deviazione standard	0.19	7.18	6.07	1.38	0.71	21.20	495.65	11.51	20.35	541.30	16.08	7.41	412.34	68.64	57.05	0.87	0.69
Varianza campionaria	0.04	51.54	36.88	1.89	0.50	449.45	245667.43	132.46	414.18	293010.02	258.59	54.87	170025.98	4711.03	3254.78	0.75	0.48
Curtozi	1.75	-1.03	1.28	-0.60	1.47	16.08	4.17	0.78	1.03	2.35	-0.47	9.42	8.29	2.47	7.23	-0.73	0.60
Asimmetria	-0.49	0.36	-1.23	0.56	1.05	3.82	1.94	1.12	1.46	1.61	0.72	2.85	2.40	1.68	2.64	0.26	0.65
Intervallo	0.91	22.49	23.50	4.80	3.00	102.50	2017.74	38.46	66.24	2142.84	54.29	35.22	1962.76	261.22	244.91	3.19	2.97
Minimo	7.90	7.25	11.62	7.12	0.50	2.50	5.00	0.50	0.70	226.26	3.54	0.70	87.58	1.92	7.90	4.34	0.96
Massimo	8.82	29.74	35.12	11.92	3.50	105.00	2022.74	38.96	66.94	2369.10	57.82	35.92	2050.34	263.14	252.81	7.53	3.93
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.10	2.63	0.59	0.31	9.17	214.33	4.98	8.80	234.08	6.95	3.20	178.31	29.68	24.67	0.38	0.30

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.48	17.32	26.56	9.46	1.80	12.41	372.76	11.99	8.75	705.00	17.81	6.09	494.13	77.64	53.85	5.59	1.99
Errore standard	0.04	1.52	1.14	0.36	0.18	2.93	76.69	2.20	2.73	87.85	2.09	1.14	91.21	16.90	12.43	0.20	0.11
Mediana	8.46	17.90	28.02	9.02	1.50	7.00	261.09	11.50	3.83	536.94	14.14	4.46	342.28	59.61	34.75	5.51	1.91
Moda	8.56				1.00		5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.18	7.28	5.48	1.72	0.88	14.06	367.79	10.55	13.10	421.31	10.02	5.47	437.42	81.05	59.62	0.95	0.53
Varianza campionaria	0.03	53.02	30.01	2.96	0.77	197.64	135265.99	111.38	171.68	177505.40	100.43	29.88	191336.63	6569.76	3554.30	0.90	0.28
Curtozi	2.41	-1.06	2.63	0.32	0.17	6.08	0.14	3.42	12.08	0.76	0.06	4.25	2.13	2.04	15.33	0.39	1.86
Asimmetria	1.06	0.32	-1.62	1.00	0.77	2.40	1.01	1.53	3.21	1.22	0.81	2.06	1.43	1.55	3.69	0.69	1.17
Intervallo	0.83	23.24	22.28	6.58	3.50	58.00	1218.52	45.01	60.50	1538.57	38.66	22.25	1750.60	308.37	288.22	3.80	2.15
Minimo	8.19	6.34	11.24	7.08	0.50	2.60	5.00	0.50	0.70	245.77	0.70	0.70	42.45	2.30	16.38	4.14	1.23
Massimo	9.02	29.59	33.53	13.66	4.00	60.60	1223.52	45.51	61.20	1784.34	39.36	22.95	1793.05	310.67	304.59	7.94	3.38
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.15	2.37	0.74	0.38	6.08	159.04	4.56	5.67	182.19	4.33	2.36	189.15	35.05	25.78	0.41	0.23

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e Stazione 14 (Cesenatico)

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.45	17.08	27.67	8.97	1.73	14.99	253.09	10.40	15.13	610.69	18.51	4.54	332.34	69.99	59.31	5.21	2.10
Errore standard	0.04	1.48	1.07	0.32	0.19	4.10	52.08	1.66	3.17	77.39	3.32	0.98	53.90	13.66	17.04	0.21	0.20
Mediana	8.43	16.56	28.54	8.59	1.50	6.10	145.27	9.16	8.90	539.90	13.08	3.25	298.83	41.03	36.19	4.98	2.01
Moda				7.53	1.00	5.00	5.00	3.60	7.00			0.70		17.56			1.78
Deviazione standard	0.21	7.10	5.12	1.52	0.92	19.64	249.76	7.94	15.20	371.17	15.94	4.69	258.49	65.49	81.73	1.02	0.96
Varianza campionaria	0.04	50.43	26.23	2.30	0.85	385.80	62380.71	63.09	230.97	137768.63	254.08	22.03	66815.58	4288.93	6679.48	1.04	0.92
Curtosi	2.06	-1.17	1.95	1.45	-0.93	5.95	-0.24	0.85	2.29	2.45	1.67	11.20	1.92	1.18	15.88	0.38	4.61
Asimmetria	0.27	0.28	-1.40	1.31	0.42	2.38	0.90	0.87	1.54	1.59	1.55	3.01	1.32	1.32	3.80	0.90	1.61
Intervallo	1.05	21.70	19.86	5.98	3.30	80.60	819.08	31.78	59.80	1487.94	61.32	22.34	1001.82	229.46	390.74	3.83	4.66
Minimo	7.94	6.92	14.70	7.08	0.20	1.90	5.00	0.50	0.70	212.11	0.70	0.70	17.13	3.27	14.65	3.81	0.61
Massimo	8.99	28.61	34.56	13.06	3.50	82.50	824.08	32.28	60.50	1700.06	62.02	23.04	1018.95	232.74	405.39	7.63	5.27
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.07	2.21	0.66	0.40	8.49	108.00	3.43	6.57	160.51	6.89	2.03	111.78	28.32	35.34	0.44	0.41

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.42	17.38	28.97	8.63	1.87	13.11	201.83	10.74	28.65	534.06	16.83	4.38	259.63	77.83	43.88	5.19	2.09
Errore standard	0.05	1.50	1.11	0.35	0.17	3.40	47.97	1.45	5.48	59.19	2.27	0.79	42.27	15.07	7.59	0.17	0.15
Mediana	8.41	17.28	29.83	8.60	2.00	4.04	96.52	10.64	21.91	424.12	13.65	3.27	225.47	53.63	29.74	5.00	2.08
Moda				7.49	2.00	2.90			0.70			0.70					2.57
Deviazione standard	0.23	7.18	5.30	1.66	0.81	16.28	230.07	6.94	26.28	283.85	10.88	3.79	202.70	72.26	36.40	0.83	0.74
Varianza campionaria	0.05	51.62	28.09	2.74	0.66	265.17	52933.60	48.14	690.41	80570.19	118.45	14.36	41087.33	5221.69	1324.60	0.68	0.55
Curtosi	1.06	-1.17	0.15	-0.72	-0.37	0.98	1.95	-0.92	0.04	0.07	0.69	2.84	8.96	0.95	5.13	-0.55	5.79
Asimmetria	0.71	0.17	-0.85	0.26	-0.13	1.52	1.52	0.27	1.01	1.11	0.98	1.65	2.44	1.12	2.24	0.63	1.70
Intervallo	0.99	21.18	19.21	5.73	3.30	51.90	870.60	23.59	86.49	887.94	41.96	14.93	1004.78	274.09	151.84	2.97	3.77
Minimo	8.02	7.36	17.06	5.95	0.20	1.50	5.00	0.50	0.70	251.25	2.71	0.70	17.71	3.14	12.81	4.08	0.89
Massimo	9.01	28.54	36.27	11.68	3.50	53.40	875.60	24.09	87.19	1139.19	44.67	15.63	1022.50	277.23	164.65	7.05	4.66
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.10	3.11	2.29	0.72	0.35	7.04	99.49	3.00	11.36	122.75	4.71	1.64	87.65	31.25	15.74	0.36	0.32

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e Stazione 314 (Cesenatico)

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Media	8.51	17.25	28.23	9.49	2.03	15.31	248.41	9.90	8.29	616.73	17.68	4.93	301.36	75.74	71.04	5.39	1.79
Errore standard	0.04	1.50	0.95	0.42	0.22	4.06	54.62	1.75	2.73	77.90	3.24	1.25	56.08	16.10	20.24	0.24	0.13
Mediana	8.47	17.35	29.06	8.97	2.00	8.50	166.15	8.54	6.25	520.36	11.69	3.02	284.95	66.81	35.78	5.52	1.64
Moda	8.71			8.97	1.50	8.50	5.00	0.50	0.70			0.70				4.45	
Deviazione standard	0.17	7.22	4.57	2.01	1.04	19.48	261.97	8.37	13.08	373.61	15.55	5.97	268.94	77.20	97.07	1.16	0.64
Varianza campionaria	0.03	52.09	20.87	4.04	1.09	379.31	68626.21	70.04	171.06	139584.60	241.67	35.68	72326.40	5959.16	9422.38	1.35	0.41
Curtozi	2.20	-1.18	2.34	0.39	-0.74	4.71	0.49	0.26	17.51	2.10	2.53	8.45	1.07	0.05	10.18	0.30	-0.13
Asimmetria	1.47	0.31	-1.50	0.61	0.56	2.25	1.12	0.80	3.98	1.55	1.62	2.76	1.17	1.06	3.01	0.53	0.71
Intervallo	0.68	21.48	18.84	8.58	3.50	73.60	899.51	30.76	64.15	1403.06	63.76	26.22	978.35	237.76	439.63	4.50	2.37
Minimo	8.32	7.21	15.52	5.55	0.50	1.90	5.00	0.50	0.70	192.27	0.70	0.70	6.21	4.10	5.94	3.54	0.84
Massimo	8.99	28.69	34.36	14.13	4.00	75.50	904.51	31.26	64.85	1595.33	64.46	26.92	984.56	241.87	445.57	8.04	3.21
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.12	1.98	0.87	0.45	8.42	113.28	3.62	5.66	161.56	6.72	2.58	116.30	33.38	41.98	0.50	0.28

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Media	8.52	17.84	29.05	8.80	2.53	14.40	162.78	8.54	8.16	504.95	22.93	2.93	174.71	72.44	51.26	4.88	1.66
Errore standard	0.04	1.47	1.01	0.38	0.29	3.62	37.59	1.42	2.50	79.19	10.87	0.69	36.62	16.08	8.14	0.23	0.17
Mediana	8.46	18.10	30.24	8.37	2.00	6.19	74.90	8.66	2.97	378.03	10.07	2.34	166.14	47.14	44.24	4.90	1.49
Moda					2.00	2.70	5.00	0.50	0.70			0.70					
Deviazione standard	0.20	7.05	4.86	1.82	1.39	17.34	180.27	6.83	11.99	379.78	52.12	3.29	175.62	77.13	39.03	1.13	0.81
Varianza campionaria	0.04	49.65	23.62	3.33	1.94	300.84	32498.25	46.70	143.76	144231.56	2716.00	10.83	30841.12	5948.63	1523.48	1.27	0.66
Curtozi	1.59	-1.19	0.15	1.58	-0.56	3.00	0.40	-1.41	1.93	7.69	21.52	14.25	6.03	1.21	0.43	-0.89	9.45
Asimmetria	1.11	0.15	-0.83	1.04	0.35	1.81	1.15	0.21	1.75	2.48	4.58	3.54	2.01	1.39	1.18	0.27	2.61
Intervallo	0.86	20.94	17.16	7.86	5.30	65.00	587.80	20.81	39.97	1730.16	256.22	15.84	786.47	271.85	129.31	3.57	4.12
Minimo	8.23	7.80	18.37	6.13	0.20	1.80	5.00	0.50	0.70	161.18	2.36	0.70	5.49	4.29	7.31	3.27	0.62
Massimo	9.10	28.74	35.53	13.99	5.50	66.80	592.80	21.31	40.67	1891.34	258.58	16.54	791.95	276.14	136.62	6.84	4.74
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.05	2.10	0.79	0.60	7.50	77.96	2.96	5.18	164.23	22.54	1.42	75.94	33.35	16.88	0.49	0.35

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 17 (Rimini) Stazione 19 (Cattolica)

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.44	17.76	29.63	8.78	2.00	10.48	183.83	12.81	16.97	502.68	18.19	3.78	231.09	67.57	38.00	5.15	2.14
Errore standard	0.03	1.49	1.03	0.24	0.21	2.86	42.60	2.43	4.76	60.18	3.13	0.62	40.89	15.39	4.82	0.18	0.15
Mediana	8.42	16.98	30.41	8.77	2.00	4.50	74.48	12.62	9.35	394.39	12.50	3.65	210.82	31.67	30.43	5.01	2.06
Moda				9.66	3.00	2.90	5.00	0.50	0.70			0.70			8.86		
Deviazione standard	0.16	7.12	4.93	1.15	1.00	13.74	204.29	11.66	22.85	288.62	14.99	2.98	196.11	73.82	23.10	0.87	0.74
Varianza campionaria	0.02	50.76	24.32	1.32	0.99	188.72	41734.62	135.95	522.18	83301.77	224.67	8.89	38457.19	5449.88	533.56	0.75	0.55
Curtosi	0.00	-1.18	2.88	-0.89	-0.46	6.25	1.69	0.51	4.85	2.55	3.26	4.14	9.60	1.30	-0.13	-0.05	-0.33
Asimmetria	0.43	0.20	-1.44	0.13	0.18	2.50	1.41	0.99	2.19	1.48	1.86	1.66	2.57	1.50	0.82	0.23	0.68
Intervallo	0.61	21.21	20.75	4.19	4.00	55.50	767.97	39.53	91.85	1190.19	55.54	12.81	964.65	246.21	84.86	3.52	2.61
Minimo	8.18	7.79	15.23	6.99	0.20	1.60	5.00	0.50	0.70	184.27	3.96	0.70	15.51	5.65	4.61	3.56	0.96
Massimo	8.79	29.00	35.99	11.18	4.20	57.10	772.97	40.03	92.55	1374.46	59.50	13.51	980.16	251.86	89.47	7.08	3.57
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.08	2.13	0.50	0.43	5.94	88.34	5.04	9.88	124.81	6.48	1.29	84.80	31.92	9.99	0.38	0.32

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.44	17.45	29.89	8.97	2.33	8.67	157.53	9.27	13.39	455.91	13.59	3.17	200.26	63.11	45.70	4.72	2.07
Errore standard	0.03	1.49	1.02	0.27	0.22	2.31	42.17	1.70	4.06	65.65	2.30	0.81	46.17	14.37	6.72	0.18	0.15
Mediana	8.41	16.11	31.00	8.80	2.00	3.00	48.06	9.19	6.63	335.91	10.30	2.57	184.67	30.25	43.39	4.77	2.01
Moda				11.23	2.00		5.00	0.50	0.70			0.70			8.86		
Deviazione standard	0.15	7.14	4.90	1.30	1.05	11.07	202.24	8.15	19.48	314.86	11.02	3.87	221.41	68.89	32.21	0.85	0.70
Varianza campionaria	0.02	50.95	24.02	1.69	1.11	122.50	40902.65	66.40	379.41	99136.56	121.46	15.01	49022.82	4746.15	1037.38	0.72	0.49
Curtosi	0.00	-1.14	2.83	-0.63	-0.51	3.42	3.13	-0.90	4.84	2.20	1.03	10.08	16.12	3.62	1.87	-1.23	0.89
Asimmetria	0.53	0.26	-1.48	0.20	-0.27	2.04	1.69	0.50	2.34	1.59	1.38	2.98	3.71	1.78	1.49	0.04	0.46
Intervallo	0.61	21.56	21.49	4.73	3.80	40.50	790.50	25.70	69.53	1205.50	38.18	17.35	1135.18	279.26	124.66	2.89	3.21
Minimo	8.19	7.26	15.88	6.50	0.20	1.50	5.00	0.50	0.70	164.41	3.14	0.70	5.91	4.81	8.13	3.32	0.67
Massimo	8.80	28.82	37.37	11.23	4.00	42.00	795.50	26.20	70.23	1369.90	41.32	18.05	1141.09	284.07	132.79	6.21	3.88
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.09	2.12	0.56	0.46	4.79	87.46	3.52	8.42	136.16	4.77	1.68	95.75	29.79	13.93	0.37	0.30

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) Stazione 319 (Cattolica)

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Media	8.49	17.89	29.73	8.97	2.78	11.75	164.92	8.35	9.60	460.46	11.29	3.12	199.67	59.54	57.01	4.95	1.66
Errore standard	0.04	1.49	1.03	0.34	0.27	3.78	42.89	1.41	4.02	61.04	1.66	0.77	48.62	12.73	11.44	0.23	0.13
Mediana	8.42	17.53	30.91	8.54	2.50	4.20	66.03	8.74	0.70	371.14	8.28	2.02	134.33	30.06	41.69	4.68	1.52
Moda				8.58	3.50	2.30	5.00	0.50	0.70			0.70		8.86			
Deviazione standard	0.19	7.16	4.96	1.61	1.30	18.12	205.72	6.76	19.27	292.73	7.98	3.67	233.16	61.04	54.87	1.10	0.63
Varianza campionaria	0.04	51.33	24.58	2.58	1.68	328.22	42319.19	45.67	371.30	85690.35	63.61	13.48	54362.64	3726.32	3010.86	1.21	0.40
Curtosi	0.63	-1.20	1.45	0.12	-1.11	6.88	1.52	-1.02	4.23	2.19	1.08	9.55	5.12	1.07	9.84	0.14	0.49
Asimmetria	1.05	0.15	-1.24	0.72	-0.02	2.62	1.49	0.34	2.35	1.54	1.13	2.80	2.29	1.30	2.99	0.97	0.92
Intervallo	0.75	21.61	18.86	6.61	4.50	73.70	669.14	21.89	65.66	1148.50	32.52	16.43	883.53	213.53	249.64	4.14	2.36
Minimo	8.18	7.34	16.94	6.03	0.50	1.30	5.00	0.50	0.70	159.44	0.70	0.70	6.25	3.56	15.46	3.46	0.70
Massimo	8.93	28.95	35.80	12.64	5.00	75.00	674.14	22.39	66.36	1307.94	33.22	17.13	889.78	217.09	265.10	7.60	3.06
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.10	2.14	0.69	0.56	7.83	88.96	2.92	8.33	126.59	3.45	1.59	100.83	26.40	23.73	0.48	0.27

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Media	8.42	17.73	30.68	8.88	2.91	8.82	146.64	8.58	9.81	432.44	11.70	2.82	191.35	53.40	53.65	4.79	1.74
Errore standard	0.03	1.48	0.80	0.29	0.31	2.21	39.55	1.53	3.29	60.01	2.02	0.52	47.43	11.23	8.93	0.25	0.13
Mediana	8.42	16.78	31.18	8.51	3.00	3.50	47.20	9.14	2.87	321.45	10.93	2.48	131.22	31.11	35.31	4.47	1.59
Moda	8.28				2.00	1.90	5.00	0.50	0.70		13.60	0.70		8.86			
Deviazione standard	0.17	7.11	3.85	1.39	1.48	10.60	189.67	7.34	15.78	287.79	9.67	2.49	227.47	53.84	42.83	1.19	0.64
Varianza campionaria	0.03	50.54	14.80	1.93	2.20	112.29	35974.53	53.87	248.87	82821.14	93.44	6.20	51743.23	2898.61	1834.74	1.41	0.41
Curtosi	0.32	-1.19	1.33	-0.81	1.06	1.82	1.92	-1.19	2.69	3.62	2.06	1.05	7.22	0.37	1.66	-0.19	0.62
Asimmetria	-0.37	0.23	-0.98	0.67	0.78	1.64	1.53	0.36	1.96	1.76	1.54	1.37	2.54	1.14	1.61	0.58	0.99
Intervallo	0.73	21.34	16.12	4.50	6.50	36.20	687.54	23.09	50.09	1204.94	36.14	8.33	992.11	182.07	139.31	4.41	2.43
Minimo	8.02	7.57	20.94	6.97	0.50	1.00	5.00	0.50	0.70	153.41	2.32	0.70	4.11	4.75	17.80	2.96	0.78
Massimo	8.74	28.91	37.06	11.47	7.00	37.20	692.54	23.59	50.79	1358.35	38.46	9.03	996.22	186.82	157.11	7.37	3.21
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.07	1.66	0.60	0.64	4.58	82.02	3.17	6.82	124.45	4.18	1.08	98.37	23.28	18.52	0.51	0.28

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 13 (Zadina) Stazione 308 (Marina di Ravenna)

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.43	17.03	28.36	9.30	1.63	13.70	254.03	11.10	20.44	586.61	19.40	3.93	320.18	78.57	56.36	5.32	2.16
Errore standard	0.04	1.48	1.02	0.39	0.15	3.22	53.50	1.62	3.92	61.60	3.85	0.45	77.72	15.89	16.10	0.18	0.20
Mediana	8.36	16.35	28.64	8.92	1.50	6.00	162.22	11.10	13.56	571.35	13.30	3.76	245.38	53.46	29.48	5.42	2.16
Moda	8.24				1.00	6.00	5.00	3.93	28.65		0.70			13.17			2.25
Deviazione standard	0.17	7.12	4.89	1.87	0.73	15.46	256.59	7.75	18.78	295.43	18.45	2.18	372.73	76.22	77.23	0.86	0.97
Varianza campionaria	0.03	50.64	23.95	3.48	0.54	238.98	65839.25	60.07	352.66	87277.54	340.54	4.74	138924.42	5809.58	5964.65	0.74	0.95
Curtosi	0.46	-1.12	1.13	-0.01	-0.71	1.85	-0.13	-0.55	0.04	-0.07	5.26	-0.72	9.46	0.28	15.31	-0.44	5.77
Asimmetria	0.86	0.36	-0.95	0.40	0.04	1.70	0.92	0.41	1.01	0.71	2.30	0.25	2.81	1.14	3.70	-0.14	1.86
Intervallo	0.68	21.71	21.27	7.91	2.90	52.00	810.63	26.31	61.57	1104.18	76.09	7.13	1710.79	238.67	371.78	3.38	4.72
Minimo	8.20	7.31	15.26	5.67	0.10	2.60	5.00	0.50	0.70	203.79	0.70	0.70	22.16	4.83	9.35	3.62	0.80
Massimo	8.88	29.02	36.53	13.58	3.00	54.60	815.63	26.81	62.27	1307.98	76.79	7.83	1732.96	243.50	381.13	7.00	5.52
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.08	2.12	0.81	0.32	6.68	110.96	3.35	8.12	127.75	7.98	0.94	161.18	32.96	33.40	0.37	0.42

Stazione 308 Marina di Ravenna 3 km dalla costa Statistica descrittiva 2024																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	17.45	27.34	9.42	1.91	14.25	283.23	10.96	8.31	624.25	18.61	6.18	363.12	69.44	62.74	5.39	1.92
Errore standard	0.03	1.52	1.13	0.37	0.17	4.27	61.00	1.93	2.98	80.04	2.67	1.51	66.24	14.09	19.09	0.19	0.17
Mediana	8.47	16.54	29.19	9.00	2.00	6.80	132.35	7.42	3.62	479.57	13.26	3.90	306.83	38.52	29.91	5.47	1.86
Moda					2.00	4.70	5.00	0.50	0.70		0.70		9.62				
Deviazione standard	0.16	7.29	5.42	1.75	0.81	20.46	292.55	9.27	14.29	383.86	12.83	7.22	317.66	67.56	91.55	0.90	0.81
Varianza campionaria	0.03	53.19	29.38	3.08	0.66	418.81	85583.40	85.92	204.33	147347.18	164.53	52.11	100909.06	4564.15	8380.81	0.81	0.66
Curtosi	0.38	-1.17	2.62	0.94	0.15	8.29	0.22	1.48	14.64	1.59	-0.33	11.90	3.07	-0.27	10.96	-0.91	5.29
Asimmetria	0.77	0.34	-1.65	1.12	0.16	2.80	1.09	1.07	3.62	1.46	0.82	3.18	1.64	0.84	3.20	0.19	1.75
Intervallo	0.64	22.11	22.23	6.97	3.30	87.20	957.53	37.09	67.12	1474.20	45.20	34.28	1310.97	230.10	408.24	3.01	3.84
Minimo	8.28	7.55	12.48	7.07	0.20	2.30	5.00	0.50	0.70	216.97	0.70	0.70	34.20	2.35	10.06	3.96	0.85
Massimo	8.92	29.65	34.71	14.04	3.50	89.50	962.53	37.59	67.82	1691.17	45.90	34.98	1345.17	232.45	418.30	6.97	4.69
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.15	2.34	0.76	0.35	8.85	126.51	4.01	6.18	165.99	5.55	3.12	137.37	29.21	39.59	0.39	0.35

ALLEGATO II - Inquinanti specifici a sostegno degli EQB

Media annuale per stazione delle concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti specifici a sostegno degli EQB (tab. 1\B D.Lgs. 172/15)

Parametri/Stazioni	2024					
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
	2 L. Volano	4 P. Garibaldi	6 Casalborsetti	9 L. Adriano	14 Cesenatico	17 Rimini
Dimetoato	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Terbutilazina (somma)	0.013	0.012	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Azoxistrobin	0.052	0.023	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boscalid	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Carbendazim	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Clorantranilipolo (DPX E-2Y45)	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cloridazon	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Dimetomorf	<0.010	<0.010	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fludioxonil	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluopicolide	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluxapyroxad	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Imidacloprid	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metalaxil	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metamitron	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metazaclor	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metolaclor	0.015	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Oxadiazon	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pirimicarb	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Procloraz	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Propizamide	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tebuconazolo	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tiametoxam	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Triticonazolo	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010

ALLEGATO III - Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità in matrice acqua

Concentrazioni medie per stazione ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti prioritari (tab. 1\A D.Lgs. 172/15)

Parametri/ Stazioni	SQA- MA ($\mu\text{g/L}$)	2024					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	0.6	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzene	8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Somma PBDE		0.00012	0.00005	0.00006	0.00008	0.00005	0.00005
Cadmio e composti	0.2	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Tetrachloruro di carbonio	12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51,5%)	0.4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Clorfenvifos	0.1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Clorpirifos Etile	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari cicloidiene (somma)	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
DDT totale	0.025	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
p,p DDT	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
1,2-Dicloroetano	10	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Diclorometano	20	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Di(2-etilesil)Ftalato (DEHP)	1.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Diuron	0.2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.0005	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluorantene	0.0063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.002	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Esaclorobutadiene	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Piombo e composti	1.3	0.7	1.9	0.4	0.5	0.4	0.4
Mercurio e composti		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nichel	8.6	4.5	2.8	<2	2.1	<2	<2
4-nonil-fenolo	0.3	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Octil-fenolo	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Pentachlorobenzene	0.0007	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentachlorofenolo	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(a)pirene	0.00017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(b)+(j)fluorantene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(k)fluorantene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(g,h,i)perilene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetrachloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0002	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Triclorobenzeni (somma)	0.4	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroformio (Triclorometano)	2.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.015	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.0025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Terbutrina	0.0065	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

Concentrazioni massime ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti prioritari (tab. 1/A D.Lgs. 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA-CMA ($\mu\text{g/L}$)	2024					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.7	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Benzene	50	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Somma PBDE	0.014	0.00034	0.00023	0.00026	0.00023	0.00032	0.00028
Cadmio e composti	1.5	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	0.07
Tetrachloruro di carbonio		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroalcani C10-C13 (Cl 51,5%)	1.4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Clorfenvifos	0.3	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Clorpirifos Etilo	0.1	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari cicloidiene (somma)*		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
DDT totale*		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
p,p DDT*		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
1,2-Dicloroetano*		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Diclorometano*		<6	<6	<6	<6	<6	<6
Di(2-etilesil)Ftalato (DEHP)		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Diuron	1.8	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Endosulfan (somma)	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.12	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.05	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Esaclorobutadiene	0.6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	1	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Piombo e composti	14	1.8	16	1.4	1.9	1.4	1.4
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	<0.005	0.005	0.005	0.007	0.008	0.010
Nichel	34	23	11	5	7	4	3
4-nonil-fenolo	2	<0.03	0.14	<0.03	0.03	<0.03	<0.03
Octil-fenolo*		0.006	0.003	0.003	0.005	0.004	0.005
Pentaclorobenzene*		<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Pentaclorofenolo	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(a)pirene	0.027	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(b)+(j)fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(k)fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(g,h,i)perilene	0.00082	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	4	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tetrachloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Trichloroetilene*		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
Triclorobenzeni (somma)*		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cloroformio (Triclorometano)*		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin*		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.54	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.016	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

* Parametri che non presentano alcun SQA-CMA nella tabella 1/A del D.Lgs. 172/15 e per i quali si ritiene che i valori di SQA-CMA tutelino dai picchi di inquinamento

ALLEGATO IV - Inquinanti ricercati nella matrice biota

Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.) delle sostanze prioritarie ricercate nella matrice biota (tab. 1/A D.Lgs. 172/15)

Anno	SQA biota corretti per il valore di LT ** ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	2024	
		CD1	CD2
Corpo idrico		25/09/2024	01/10/2024
Data di campionamento		<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
Specie selezionata		65.2	67.7
Contenuto acqua %		8.1	10.2
Sostanza grassa tot. %			
Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	0.0050	0.0329	0.0397
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	50 (pesci <5% di grassi) 100 (pesci >5% di grassi)	<1.5	<1.5
Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	3.7	<1.5	<1.5
Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	55	<16	<16
Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	9.1	69	65
Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	33	<1.5	<1.5
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	4.42	<1.3	<1.3
Diossine e composti diossina-simili ($\mu\text{g}TEQ/\text{kg}$ p.u.)*	0.0065 TEQ	0.0011	0.0010
Data di campionamento		10/04/2024	20/05/2024
Specie selezionata		<i>Mytilus</i> spp.	<i>Mytilus</i> spp.
Fluorantene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	30	4.16 (MAR) 0.92 (COST1)	0.68 (M4) 2.86 (P3)
Benzo(a)pirene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	5	<0.01 (MAR) 0.03 (COST1)	0.31 (M4) 0.41 (P3)

* somma di diossine, furani e PCB diossina-simili espressi in equivalenti di tossicità dell'Organizzazione Mondiale della Sanità utilizzando i Fattori di Tossicità Equivalente (TEQ) dell'OMS (OMS-TEF, 2005); concentrazioni *upper bound* calcolate ipotizzando che tutti i valori dei vari congeneri inferiori al limite di quantificazione siano pari al limite di quantificazione

** SQA da Tab 1/A D.Lgs. 172/15 adeguati in base alla tipologia di organismo e al suo livello trofico (LT) come indicato nelle "Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015). Manuali e Linee guida 143/2016." (ISPRA, 2016). Si applica un livello trofico pari a 3 per il pesce e 2 per i molluschi. Le determinazioni analitiche sono effettuate su pesce intero.

ALLEGATO V - Inquinanti ricercati nel sedimento

Medie/anno di Metalli, Organometalli, Policiclici Aromatici e Pesticidi per corpo idrico

Parametri/ Corpi idrici	SQA-MA	2024	
		CD1 Goro-Ravenna Staz. 302-304-306	CD2 Ravenna-Cattolica Staz. 308-309-314-317-319
Metalli (mg/kg s.s.)			
Cadmio	0.3	<0.10	<0.10
Mercurio	0.3	0.11	<0.10
Piombo	30	12.0	9.3
Organometalli (µg/kg s.s.)			
Tributilstagno	5	2.8	2.0
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)			
Antracene	24	<2.0	<2.0
Naftalene	35	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)			
Aldrin	0.2	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	0.2	<0.10	<0.10
Somma DDT	1	<0.10	0.12
Somma DDD	0.8	0.15	0.29
Somma DDE	1.8	0.29	0.29
Dieldrin	0.2	<0.10	<0.10

Medie/anno di Metalli, Organometalli, Policiclici Aromatici e Pesticidi per stazione

Parametri/ Stazioni	2024							
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica				
	302	304	306	308	309	314	317	319
Metalli (mg/kg s.s.)								
Cadmio	0.14	<0.10	<0.10	<0.10	0.13	<0.10	0.10	0.11
Mercurio	0.12	0.10	0.12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Piombo	14.2	9.6	12.3	6.6	12.5	7.3	8.5	11.5
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	3.7	2.6	2.1	1.6	3.1	<1.0	2.7	1.8
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	2.6	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Naftalene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)								
Aldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDT	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.30
Somma DDD	0.23	0.11	0.12	0.27	0.42	0.11	0.15	0.49
Somma DDE	0.40	0.23	0.23	0.31	0.44	0.17	0.20	0.35
Dieldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

**Arpa - Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia
dell'Emilia-Romagna**

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

V.le Vespucci, 2 - 47042 CESENATICO (FC)

Tel. 0547 83941

E-mail: aoosod@cert.arpa.emr.it